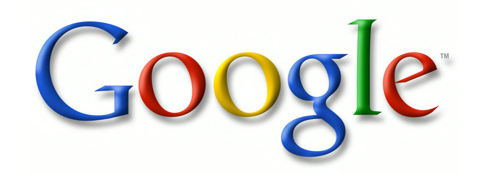



RESEARCH LIBRARIES
3 3433 06272163 8

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES, OUTILS ET APPAREILS

PARIS. — IMPRIMERIE DE J. CLAYE
RUE SAINT-BENOIT, 7

PUBLICATION INDUSTRIELLE

DES

MACHINES
OUTILS ET APPAREILS

LES PLUS PERFECTIONNÉS ET LES PLUS RÉCENTS

EMPLOYÉS

DANS LES DIFFÉRENTES BRANCHES DE L'INDUSTRIE FRANÇAISE ET ÉTRANGÈRE

PAR

ARMENGAUD AINÉ

INGÉNIEUR, ANCIEN PROFESSEUR AU CONSERVATOIRE IMPÉRIAL DES ARTS ET MÉTIERS
MEMBRE DE LA SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT ET DE LA SOCIÉTÉ INDUSTRIELLE DE MULHOUSE

Qui peut mettre un terme à la perfectibilité humaine ·

DEUXIÈME ÉDITION

revue, corrigée et augmentée de nouvelles Notices industrielles.

TEXTE

TOME NEUVIÈME

PARIS

CHEZ L'AUTEUR, 45 RUE SAINT-SÉBASTIEN

CHEZ VICTOR DALMONT

LIBRAIRE POUR L'INDUSTRIE, LES ARTS ET LES SCIENCES

49 QUAI DES AUGUSTINS

L. MATHIAS, LIBRAIRE, 15 QUAI MALAQUAIS

Et les principaux Libraires.

1855

FABRICATION DE LA MONNAIE
PAR PROCÉDÉS MÉCANIQUES.

PRESSE CONTINUE

De feu **M. THONNELIER**, Ingénieur,

Construite et perfectionnée par **MM. CAIL et Ce**, à Paris.

(PLANCHES 1 ET 2.)

NOTICE HISTORIQUE SUR LES PRESSES MONÉTAIRES.

Ainsi que nous l'avons mentionné dans les articles publiés précédemment sur la fabrication des monnaies (vol. IV et VIII de la *Publication industrielle*), le frappage de la monnaie au moyen d'une presse continue est d'invention peu ancienne.

Le balancier, qui succéda à la fabrication au marteau, fut en usage pendant fort longtemps; ce n'est qu'assez avant déjà dans ce siècle que l'usage des presses continues fut importé en France. On trouve encore, à la date du 18 mars 1808, un brevet d'invention de dix ans pour des machines monétaires de l'invention de M. Gengembre, délivré à Mme veuve Gatteau, cessionnaire de ce dernier, lequel brevet comprend une fabrication très-complète de la monnaie, avec toute une série de machines qui s'y rattachent. Ce sont : deux moules à lames; un égalisoir en forme de laminoir, destiné à régulariser l'épaisseur des lames quand elles sortent du laminoir proprement dit; un découpoir, avec une combinaison d'outils à découper les flans; une machine à ajuster les flans dans les limites légales du poids; une machine à marquer sur tranche; enfin un *balancier* (1) dont M. Saul-

(1) Ce brevet se trouve exposé avec détails dans le vol. VII des *Brevets expirés*, p. 209 et pl. 14 à 16.

nier, devenu plus tard le mécanicien de la Monnaie, construisit un grand grand nombre de modèles de différentes forces, non-seulement pour la France, mais encore pour divers autres pays.

Ce brevet paraît être le dernier qui parle de l'application d'un balancier à la fabrication de la monnaie; néanmoins, ce ne fut que vers 1834 que M. Thonnelier importa en France un système de presse continue qui fonctionnait déjà à Munich et dont il était parvenu à se procurer quelques dessins. Aussi ce système de presse, malgré les perfectionnements qu'il a subis depuis, est-il encore désigné par un grand nombre de personnes, sous le nom de *presses de Munich*. L'inventeur paraît en être M. Uhlhorn, dont nous aurons l'occasion de parler plus loin.

M. Thonnelier, qui dès longtemps s'est occupé activement de la fabrication de la monnaie, prit un brevet d'importation de quinze ans, le 30 juin 1834 (1), pour ce système de presse, dont il envoya un exemplaire à l'exposition de la même année. Cet appareil, construit d'après le principe qui forme la base des presses en usage aujourd'hui à l'hôtel des Monnaies de Paris, et qui doivent nous occuper spécialement dans cet article, ne donna pas des résultats aussi bons que l'espérait M. Thonnelier. Ce ne fut qu'environ dix ans après que, à force de persévérance et à l'aide de perfectionnements nombreux dus en grande partie à la maison Cail et Ce, il parvint à donner à ses appareils la supériorité qui les a fait adopter.

La machine, brevetée en 1834, a servi de point de départ soit à M. Thonnelier lui-même, soit à son cessionnaire M. Boucher de Montuel, qui prit un certificat d'addition à ce premier brevet, le 13 décembre 1843. Cette machine consiste en un bâti ou banc en fonte, sur lequel est fixée solidement une cage pareille à celle de la machine représentée planches 1 et 2, c'est-à-dire formée de deux montants réunis par le haut et par le bas à l'aide d'une tête et d'une pièce transversale d'une grande résistance. A son autre extrémité, le banc porte deux poupées en fonte assemblées par des entretoises, mais que l'on peut faire avancer ou reculer à l'aide de vis de rappel. On arrête à volonté les poupées au moyen de boulons.

Ces poupées portent un arbre moteur transversal, à chaque extrémité duquel est fixé un volant, que l'on commande soit à bras d'homme, soit à l'aide d'une puissance quelconque; et en outre un manchon à griffe sert à désembrayer à volonté, afin de permettre à l'arbre de tourner continuellement, sans que, pour cela, la machine marche.

Sur les mêmes poupées que l'arbre moteur, et parallèlement à lui, mais un peu plus près de la cage, est placé un second arbre formant manivelle au milieu, et commandé par le premier au moyen de roues dentées dependant des manchons d'embrayage. A la manivelle s'attache une bielle qui est presque horizontale et dont l'autre bout se relie à l'extrémité d'un levier qui fait corps avec l'une des pièces d'une genouillère. La pièce infé-

(1) *Brevets expirés*, vol. LXXI. page 417, pl. 14 à 16.

rieure de celle-ci porte une boîte glissante à laquelle est fixé le coin supérieur destiné à donner l'empreinte à l'une des faces de la pièce de monnaie.

Sur l'arbre à manivelle sont montées deux cames agissant l'une après l'autre, chacune sur un système de leviers spécial dont l'un commande le poseur ou main, servant à amener entre les coins ou matrices les flans tombant un à un d'un gobelet, puis à les chasser une fois qu'ils ont reçu l'empreinte; l'autre système de leviers commande un coin qui soulève, à un moment donné, la matrice inférieure qui repose sur lui, afin d'élever la pièce frappée à la hauteur de la main qui doit la chasser.

Un coin supérieur mobile, commandé à l'aide de deux vis de pression, sert à ajuster la position de la pièce supérieure de la genouillère et, par suite, la pression produite par celle-ci.

Le débrayage s'opère à la main, à l'aide d'une tringle à manivelles que l'on fait tourner par un tourne-à-gauche fixé à son extrémité, et aux coudes de laquelle s'attachent deux autres tringles ou bielles qui commandent les griffes internes des manchons.

Sauf le poseur à chariot ou main, le porte-virole est construit exactement comme dans les anciennes machines à balancier.

Le brevet d'addition du 13 décembre 1843, délivré à M. Boucher de Montuel, a pour objet une disposition servant à empêcher que, quand on frappe la monnaie en virole brisée, des pièces ne restent attachées au coin supérieur; à cet effet la boîte glissante porte huit vis ou boulons qui traversent et guident autant de ressorts en spirale. Ces ressorts, dépassant par le bas le coin supérieur, pressent sur la virole brisée qu'ils maintiennent fermée jusqu'à ce que, dans son recul, le coin ait abandonné la pièce frappée.

Pour que cette machine pût fonctionner avec la perfection désirable, il était nécessaire qu'elle satisfît à d'autres conditions plus importantes. Il fallait, en effet, remplacer la force inégale et inconstante de l'homme par la force régulatrice et puissante de la vapeur; d'un autre côté, on avait, dans c esmachines comme dans bien d'autres, laissé à la discrétion du conducteur, la faculté de désembrayer la machine quand elle ne fournissait pas de flans; mais quelle que fût son attention, il arrivait fréquemment que, avant qu'il n'eût désembrayé, la machine donnait un ou deux coups à vide, pendant l'opération même, sans qu'il pût le prévoir. Le poseur ne fournissant pas de pièces, le même effet avait lieu; dès lors, les deux coins gravés venaient se heurter et se détruire.

Cet inconvénient si grave, s'il n'était pas prévu, et qui empêcherait l'emploi de la machine, peut provenir de deux causes : ou que les flans manquent au godet, ou que le poseur n'en fournisse pas. Il est donc de toute nécessité que, dans ces deux cas, le moyen employé arrête la machine, avant que les coins ne puissent se rencontrer.

La suite de cet historique montre que les divers inventeurs qui se sont

occupés de perfectionner les presses monétaires se sont dès cette époque tous efforcés de remplir cette lacune.

M. Boucher de Montuel (1) a demandé, le 9 mars 1841, un brevet d'importation de cinq ans, qui lui a été délivré le 25 du même mois, pour une presse monétaire *dite de Munich*.

La lettre de demande, adressée au ministre de l'agriculture et du commerce à l'occasion de ce brevet, confirme ce que nous avons annoncé plus haut au sujet de l'inventeur primitif de ce système de presse :

« . . . Étant, dit M. Boucher de Montuel, propriétaire d'un brevet d'importation et de perfectionnement de la presse monétaire de Munich ou de l'invention de M. Uhlhorn, depuis le 30 juin 1834 (2), que j'ai fait fonctionner à l'hôtel des Monnaies de Paris, etc. . . . »

La machine décrite dans ce brevet semble se rapprocher davantage de la presse originale ou presse allemande, dont un modèle fonctionne encore à l'hôtel des Monnaies. Elle possède, sur la presse brevetée au nom de M. Thonnelier, de véritables avantages; néanmoins elle nous paraît présenter quelques inconvénients sérieux.

Le principal perfectionnement consiste dans une disposition de première nécessité, ayant pour effet le débrayage instantané du volant d'avec l'arbre moteur lorsque, par une cause quelconque, l'alimentation des flans produite par la main-poseur vient à cesser.

L'inventeur a aussi imaginé de donner au coin inférieur un mouvement horizontal de rotation presque imperceptible, ayant pour effet de détacher le flan des coins, et, suivant l'auteur, de lui donner un poli éclatant.

Au lieu de deux arbres moteurs, cette presse n'en a qu'un, coudé au milieu, pour former une manivelle, et qui porte trois excentriques, le volant avec son manchon d'embrayage, et à chaque extrémité une manivelle motrice. A la manivelle du milieu s'attache une bielle qui commande le levier de pression, garni d'un tampon en acier trempé, qui forme rotule avec une pièce correspondante, aussi en acier trempé, de la colonne de pression.

Au lieu d'attacher la boîte contenant le coin supérieur à l'extrémité inférieure de la colonne de pression, l'auteur rend cette boîte indépendante de la colonne, la montant à l'extrémité d'un double bras formant charnière à son autre bout dans un support situé au milieu de la table de la machine. Un système de leviers à contre-poids sert à rappeler ladite boîte de bas en haut après l'impression du flan, et la disposition du bras à charnière de cette boîte est telle que, lorsque le coin est arrivé au bas de sa course, sa surface inférieure se trouve dans un plan horizontal passant par l'axe de la charnière.

Le coin servant à ajuster le degré de pression, au lieu d'être disposé dans

(1) *Brevets expirés*, vol. LX, page 295, pl. 25. Ce brevet a été par erreur enregistré sous le nom de *Boucher de Montluel*.

(2) Date du brevet Thonnelier.

le bâti, au-dessus de tout le système à genouillère, est situé dans la colonne de pression même qui se trouve par suite formée de plusieurs pièces. Cette disposition est évidemment défectueuse, la pression énorme supportée par ladite colonne exigeant pour cette pièce une dureté excessive et la plus grande homogénéité.

Le coin inférieur est monté dans une boîte coulante dans laquelle il est centré à l'aide de quatre vis.

La main-poseur est montée sur une boîte intermédiaire mobile aussi à charnière à l'extrémité d'un bras, tournant sur un axe dans le même support que celui de la boîte du coin supérieur.

Un système de leviers, commandé par l'un des excentriques de l'arbre moteur, soulève insensiblement la boîte intermédiaire, de la hauteur du flan, pendant la compression, pour que, une fois que les coins se sont éloignés l'un de l'autre, la main-poseur puisse se retirer en passant pardessus la pièce frappée. La boîte s'abaisse alors et la main-poseur, en apportant un nouveau flan, chasse la pièce qui vient d'être terminée.

La main poseur est commandée par le deuxième excentrique de l'arbre moteur, par une suite de leviers dont l'un est articulé à son milieu et forme une charnière. Ce levier est maintenu par un ressort suffisant pour l'empêcher de se plier, lorsque l'alimentation et le mouvement de la main-poseur ont lieu régulièrement. Mais si la main-poseur est arrêtée par un obstacle quelconque, la résistance qu'elle offre force le ressort à céder, et le levier se pliant évite un effort qui pourrait désorganiser la disposition de la main.

Les flans, pour arriver à cette main-poseur, doivent traverser un conduit de l'épaisseur rigoureuse que doit avoir chaque flan, puis un anneau du diamètre exact de la pièce. Après avoir été ainsi vérifiés, ils vont s'empiler dans un tube ou étui cylindrique sous lequel la main-poseur vient les chercher.

La boîte coulante, dans laquelle est monté le coin inférieur, forme à sa base une portion de sphère qui repose sur un godet fixé d'une manière invariable à la table ou bâti de l'appareil. Cette boîte se termine par un long bras de levier horizontal qui s'attache par une bielle, horizontale aussi, à une équerre montée sur un axe à peu près vertical, fixé à la table de la machine. La bielle d'attache porte une plaque légèrement oblique.

Au boulon d'attache de la bielle motrice avec le levier de pression est adaptée une barre pesante dont l'extrémité, recourbée en crochet, repose par son propre poids sur la table de la machine sur laquelle elle glisse en suivant le mouvement de va-et-vient de la bielle motrice. Dans ce mouvement le crochet de cette barre rencontre l'équerre sur laquelle elle agit de manière à faire décrire au coin inférieur un mouvement de rotation presque imperceptible, par l'intermédiaire du levier qui fait corps avec la boîte roulante.

La barre à crochet porte une tige pendante qui, dans le recul de cette

pièce, rencontre la plaque inclinée de la petite bielle et remet toutes les pièces dans leur position primitive.

Cette disposition a pour effet, comme nous l'avons dit plus haut, de détacher des coins la pièce frappée.

Le manchon d'embrayage du volant est monté sur une portion carrée de l'arbre moteur sur lequel il peut glisser librement. Il est de plus creusé en gorge et embrassé par l'extrémité fourchue d'un levier tournant librement autour d'un axe à peu près vertical. L'autre bout de ce levier est retenu par un ergot ou saillie d'un grand levier horizontal qui repose par son extrémité sur l'ergot d'un ressort.

Tant que le levier à ergot demeure dans cette position, le volant reste embrayé; mais si ce levier vient à s'abaisser, son ergot se dégage et le levier à fourche, sollicité latéralement par un contre-poids, décrit un mouvement circulaire autour de son axe, et désembraye le manchon du volant.

Un petit levier en équerre monté sur un axe vertical, appuie constamment contre la main-poseur qui est articulée. A l'autre bras de ce petit levier s'attache une tige commandée par le troisième excentrique de l'arbre moteur.

Chaque fois que la main-poseur s'avance vers les coins, pour leur délivrer un flan, l'excentrique agissant sur la tige tend à attirer le plus long bras du levier à équerre. L'autre bras de ce levier appuyant contre la main-poseur résiste, et l'effort est supporté par l'élasticité des pièces qui relient l'équerre à l'excentrique. Mais si la main-poseur, au lieu de contenir un flan, est vide, cet effort la fait se fermer, et le grand bras de l'équerre venant à presser contre le ressort à ergot dont nous avons parlé plus haut, dégage le levier coudé qui repose sur cet ergot. A ce levier est suspendu un poids qui l'entraîne, et le désembrayage a lieu instantanément. Le volant libéré tourne encore quelque temps, ce qui n'empêche pas les ouvriers d'arrêter immédiatement la machine.

Comme on le voit, cette machine pare à de graves inconvénients, tout en présentant d'un autre côté une complication superflue.

L'année suivante, le 28 septembre 1842, M. Jules Bovy, de Genève, suivant un tout autre ordre d'idées, se fit breveter pour une presse monétaire que nous avons déjà décrite dans le vol. VI de ce Recueil. On se rappelle que le principe de cette presse consiste en deux cylindres parallèles à mouvement de rotation continue et tournant en sens contraire, comme dans les laminoirs, ces cylindres renfermant, à leur contour extérieur, des matrices ou poinçons gravés propres à l'impression des pièces que l'on veut fabriquer.

M. Marc-Louis Bovy, de la Chaux-de-Fond (Suisse), s'est aussi fait breveter, le 1er mai 1852, pour un système de presses monétaires continues qui a le mérite d'être d'une construction très-simple, d'éviter les communications de mouvements et les pièces intermédiaires qui compliquent et

emploient de la force en pure perte. Nous nous proposons de la publier plus tard.

Le 20 mai 1846, l'inventeur même des presses *dites de Munich*, M. Uhlhorn, de Grevenbroich, près de Cologne, prit un brevet d'invention de quinze ans pour son système de presses. Son brevet se trouve brièvement décrit dans le vol. VIII des brevets pris sous la nouvelle loi. Il est assez étonnant que M. Uhlhorn ait pris ce brevet, d'autant plus que sa machine n'offre presque aucune différence avec celle qui fut importée en 1841 par M. Boucher de Montuel.

Le dernier brevet de perfectionnement pris par M. Thonnelier date du 30 avril 1847. C'est d'après les dispositions qui s'y trouvent décrites que sont construites la plupart des presses monétaires qui fonctionnent actuellement à l'hôtel des Monnaies.

Ces presses sont, du reste, de dimensions diverses et marchent, selon leur grandeur, à des vitesses qui varient de 45 à 70, et même 80 tours de l'arbre moteur par minute.

La machine perfectionnée, qui se trouve représentée en détail dans les différentes figures des planches 1 et 2, a été dessinée d'après le grand modèle appelé no. 1 et construit sous la direction de l'ingénieur M. Houel, dans les ateliers de MM. Cail et Ce, vers l'année 1850.

DESCRIPTION DE LA PRESSE MONÉTAIRE REPRÉSENTÉE PLANCHES 1 ET 2.

La fig. 1 de la pl. 1re représente une élévation vue de face de la presse, du côté où est assis l'ouvrier chargé d'alimenter la machine et de la surveiller.

La fig. 2 est une coupe longitudinale et verticale de cette machine, faite par l'axe et perpendiculairement à la fig. 1.

La fig. 3, pl. 2, en est une coupe horizontale faite, partie par l'axe de l'arbre moteur, et partie à la hauteur de la main-poseur.

La fig. 4 est une coupe verticale faite parallèlement à la face, fig. 1, et suivant l'axe de la colonne de pression. Cette vue est à une échelle double des figures précédentes, c'est-à-dire au 1/6e de la grandeur d'exécution.

Les fig. 5 à 7 sont des vues de détail de la disposition du coin inférieur et de la virole brisée.

Les fig. 8 à 13 font voir dans tous ses détails le mécanisme de la main-poseur.

Batis et mouvements. — La machine se compose d'un fort bâti en fonte ou cage A, auquel se relient toutes les autres parties. Ce bâti est d'une seule pièce, condition essentielle sans laquelle il ne serait pas possible de résister longtemps à l'effort énorme nécessaire à la compression des flans.

Au bâti A sont rapportés et fixés par des boulons à écrou *d* deux montants ou supports en fonte A′ qui portent à leur partie supérieure chacun un palier *a*, et sont reliés ensemble par une entretoise *c*.

Tout ce bâti est solidement établi sur un massif en maçonnerie B, au moyen d'une plaque de fondation A^2 et de boulons à écrou *b* (1).

Dans les paliers *a* est monté l'arbre moteur C, dont l'extrémité est en outre soutenue par une poupée additionnelle A^3 fixée à la plaque de fondation à l'aide de boulons *b'*. La partie de l'arbre C, comprise entre les deux montants A', est coudée pour former la manivelle motrice C'. Le reste de cet arbre porte le volant D, qui peut tourner librement sur lui lorsque son moyeu D', qui forme griffe, est dégagé du manchon à griffe E monté sur une portion carrée de l'arbre C.

Comme on le voit, le moyeu D' du volant n'est pas venu de fonte avec lui; il forme une pièce à part portant un disque *d'* avec une saillie annulaire d^2 sur laquelle s'ajuste le volant proprement dit que l'on assujettit à l'aide d'une plaque ou disque *e* rapporté sur sa face opposée et de boulons à écrou *e'*. Le volant se trouve de la sorte serré par une partie annulaire d^3, mais pas assez fortement pour ne pas tourner seul sans son moyeu, dans le cas où la résistance augmenterait tout à coup considérablement.

Avec le volant D est venue de fonte une poulie F, solidaire de chaque rayon par des consoles *f*. Une poulie folle F' est en outre montée sur l'arbre moteur C; dans son moyeu ainsi que dans celui du volant sont pratiqués des trous graisseurs *i*.

Le mouvement transmis à la poulie F et au volant D, entraîne le manchon à griffe E, et fait par suite tourner l'arbre moteur. Mais si l'on dégage, au moyen du levier fourchu G, la griffe E de celle D', le volant devient fou sur l'arbre et continue à tourner librement, tandis que l'arbre moteur reste immobile.

A la manivelle C' de l'arbre moteur s'attache une bielle H, dont la position moyenne est verticale au lieu d'être horizontale, comme c'était le cas dans les machines décrites au brevet de 1834 et dans ceux de M. Boucher de Montuel et de M. Uhlhorn. Cette nouvelle disposition dispense de couder le levier de pression, opération qui présentait des difficultés et souvent altérait l'homogénéité du métal. K désigne ce levier de pression dont l'extrémité est fourchue, pour recevoir la tête supérieure de la bielle H.

Dans une cavité ménagée à la tête du bâti A est placée une pièce massive en fer J, sous laquelle est rapportée une pièce *j* en acier trempé. Au lieu de deux pièces séparées, on pourrait faire un seul tas en acier trempé.

Un tas analogue J' est monté dans la partie inférieure de la même cage A.

La base du tas supérieur J est horizontale, et contre elle appuie constamment un coin mobile *k*, que l'on commande à volonté, à l'aide d'une vis de rappel *l*, qui porte un croisillon ou une roue L. Cette vis *l* tourne

(1) On a triché la section du massif B, dans la fig. 2, pl. 1, pour faire voir l'excavation dans laquelle se meut le volant.

dans une sorte de chape en cuivre m, fixée sous la tête du bâti et que traverse librement par une ouverture carrée un coin de pression n, contre lequel appuie à articulation la pièce supérieure du système à genouillère. Ce coin de pression est un bloc de section carrée, formant à sa partie inférieure un tourillon ou portion demi-cylindrique qui sert de centre de rotation à la pièce supérieure de la genouillère, et dont la surface supérieure oblique est en contact avec le coin mobile k. Si donc on fait mouvoir ce dernier en avant ou en arrière, on l'engagera plus ou moins profondément entre le tas J et le coin de pression n, ce qui fera éloigner ou rapprocher ces deux pièces l'une de l'autre, et déplacer le coin de pression dans le sens vertical.

La pièce o du système à genouillère est maintenue solidement dans un œil du levier K, à l'aide d'une cale ou clavette et d'une vis de pression o', et de deux vis latérales a' (fig. 4).

Sur le tas inférieur J′ appuie aussi un coin mobile k', que l'on déplace à volonté, à l'aide de deux vis l' l^2; un autre tas o^2, sur lequel appuie la matrice ou coin inférieur, chaque fois qu'une pièce de monnaie se trouve comprimée, repose, par l'intermédiaire d'une cale o^3, sur le coin mobile k'.

O désigne la colonne de pression en acier trempé, dont la tête o^4 est renfermée dans une boîte o^5. A sa partie inférieure, la colonne O est munie d'une rotule hémisphérique p^2, fixée par le moyen d'une boîte p^3.

Il est préférable (et la généralité des presses de l'hôtel des Monnaies sont construites ainsi) de faire la colonne O avec les pièces o^4 et p^2, d'un seul morceau d'acier fondu, trempé très-dur.

Une boîte coulante P, de la forme d'un cylindre creux échancré par devant, se meut verticalement dans des guides m' fixés aux montants de la cage A. A l'intérieur de cette boîte coulante sont montées : 1° une boîte n', qui porte le coin supérieur donnant l'empreinte à la pièce de monnaie; 2° une autre boîte concentrique p; et 3° à l'intérieur de cette dernière boîte, une crapaudine p', en acier trempé, sur laquelle agit la rotule ou extrémité inférieure de la colonne de pression.

Deux tringles verticales m^2 sont attachées à la boîte coulante P, traversent une partie de la cage A, et viennent se relier par le bas à une traverse I. Cette traverse forme à sa partie inférieure une saillie g qui pénètre dans la cuvette à fond aciéré h, d'un levier M oscillant en i' et dont le bras le plus long se termine par un contre-poids très-pesant N. Le centre d'oscillation i' est supporté par une boîte j' fixée à la plaque de fondation.

Pendant la rotation de l'arbre moteur, la bielle H fait alternativement lever et baisser le levier de pression K. Lorsque celui-ci vient d'être amené à sa position la plus élevée, la pièce o décrivant un cercle autour du coin de pression n a pris une position verticale à laquelle elle a aussi amené la colonne de pression O. Ce redressement du système à genouillère fait descendre la boîte coulante P et par suite le coin qu'elle porte.

Les tringles m^2 s'abaissant verticalement, soulèvent le contre-poids N en pressant sur la cuvette du levier M.

Lorsqu'au contraire la bielle H est arrivée à sa position inferieure, le levier K et conséquemment la pièce o et la colonne O prennent une position oblique. Alors le contre-poids N fait basculer le levier M et monter la traverse I avec les tringles m^2 et la boite coulante. Ce système de rappel est nécessaire non-seulement pour faire remonter la boite P, mais encore pour maintenir tout le système à genouillère à sa place, appuyant contre le coin de pression n et le coin mobile k.

Pour éviter le *desassemblage* et la chute de toutes les pièces, dans le cas où, pour une raison quelconque, le levier M ne fonctionnerait pas convenablement, la chape de cuivre m est munie de deux plaques latérales f' à echancrures ou coulisses g' que traversent les têtes des vis h' fixées au levier K. Le bas des coulisses g' est fermé par des clavettes a^2, qui porteraient au besoin les vis h', par lesquelles le levier K resterait suspendu.

DES COINS. — Le coin supérieur ou *coin de revers* q, fixé à la boite coulante P est entouré par un cercle i^2, portant quatre tiges mobiles dont la tête est emprisonnée avec un peu de jeu dans un espace annulaire ménagé dans une pièce de même forme b^2. Ces tiges sont entourées par de forts ressorts à boudin.

Le coin inférieur r est monté dans une cuvette R (fig. 6 et 7) dont la partie inférieure est tournée en forme de cône tronqué qui vient reposer dans un évidement de même forme pratiqué dans le tas o^2, afin que la cuvette prenne toujours invariablement la même position.

La cuvette R est munie à sa circonférence de quatre vis c^2, servant à centrer le coin r. Une fois celui-ci mis en place, on arrête deux des vis, à l'aide d'une pièce e^2 qui embrasse leurs têtes et se fixe, au moyen d'une vis, à la cuvette.

La partie inférieure de la cuvette de centrage R traverse un cercle de dévirolage ou semelle Q (fig. 5) qui, pour pouvoir embrasser le coin facilement, est formé de deux pièces assemblées par des vis c'. Cette semelle est fixée à la partie supérieure de quatre tringles f^2 assemblées par le bas à une traverse E' en forme de T, conduite verticalement par des guides g^2 et commandée par un levier G' oscillant sur un centre fixe I'.

Ce centre est un arbre oscillant sur deux tourillons et auquel sont fixés le levier G' et un plus grand bras H'.

L'extrémité du bras de levier G' s'engage dans une boite en cuivre h^2, ajustée dans le montant vertical de la pièce E'. Le bras H' est percé à son extrémité de deux trous que traversent les boulons i^2 d'une chape j^2 dans laquelle est monté un galet. Ces boulons sont maintenus au moyen d'écrous et de contre-écrous k^2.

Une came B' montée sur l'arbre C agit à chaque tour de l'arbre sur le galet de la chape j^2, et par suite sur le levier H'. Chaque fois que cette rencontre a lieu, le bras G' soulève tout le système des tringles f^2 et le

coin inférieur r d'une quantité que l'on peut régler au moyen des écrous k^2. Un ressort M′ sert à rappeler le levier H′.

Disposition de la virole. — Un plateau ou porte-virole K′ est monté dans la cage A, à une hauteur telle que sa surface supérieure dépasse la surface du coin inférieur r d'une certaine quantité.

Ce porte-virole est évidé à son centre, et dans cet évidement est engagé un anneau s (fig. 6), conique intérieurement. Cet anneau est retenu par une saillie annulaire, et à l'effet de pouvoir le saisir, le porte-virole est formé de deux pièces assemblées par deux taquets à vis.

L'anneau s, garni intérieurement d'un autre anneau conique en acier trempé, contient une virole brisée t, composée de trois pièces (fig. 9). Ces trois pièces, lorsqu'elles sont réunies, présentent l'aspect d'un cône tronqué dont la base supérieure est la plus grande, et qui est percé suivant son axe d'un trou du diamètre exact de la pièce de monnaie. Les trois secteurs de ce cône sont pressés de bas en haut par des ressorts u fixés à l'anneau s, contre une plaque de recouvrement v évidée à son centre, et ils sont assez distants les uns des autres pour pouvoir glisser du haut en bas dans l'intérieur de l'anneau conique en acier, jusqu'à ce qu'ils se rencontrent. Dans leur bord intérieur est gravée la légende de la tranche des pièces.

Mécanisme de la main-poseur. — Sur le porte-virole K′ est monté un tube S (fig. 9) fixé par un bras n^2 au moyen de vis q'. Ce tube, ouvert par les deux bouts, a son extrémité inférieure distante du porte-virole, au moins de l'épaisseur d'un flan. Le diamètre intérieur de ce tube est celui des flans, dont on peut le remplir entièrement ; de plus, le tube S est échancré dans une grande partie de sa hauteur en r', pour pouvoir au besoin en retirer les flans.

La main-poseur consiste dans une semelle ou plaque T de l'épaisseur d'un flan au plus. Cette semelle, qui repose sur le porte-virole, est mobile autour d'un centre fixe qui consiste en une tige verticale r^2 (fig. 8), entre des vis s', t' dont l'une est fixée au porte-virole et l'autre à un support u'.

Avec la tige r^2 fait corps un petit bras de levier T′ portant un bouton sphérique v' auquel s'attache une bielle horizontale U (fig. 12 et 13), dont l'autre bout se relie à l'extrémité supérieure d'un levier vertical V oscillant sur un centre fixe W (fig. 10 et 11). Le bouton supérieur w du levier V, auquel s'attache la bielle, est aussi sphérique.

Le bras supérieur du levier V forme une chape dans laquelle est fixée sur un centre q^2 une autre chape intérieure s^2 portant un galet t^2. Le bas de cette chape est retenu par un ressort u^2.

Une came B², fixée sur l'arbre moteur, rencontre à chaque tour de cet arbre le galet t^2, fait osciller le levier V, et, par le moyen de la bielle U, communique à la main-poseur T un mouvement circulaire autour de son centre d'oscillation r^2. Lorsque la came a passé, un ressort L′ rappelle le levier V, et par suite la main-poseur, en agissant sur l'extrémité inférieure du levier.

bielle P^2 attire, par le goujon u^3, le levier Q′. Celui-ci presse sur le bouton x^3, le levier y^3 agit sur le ressort k^3 et dégage son ergot. Le levier Y′, n'étant plus soutenu, tombe, dégage celui G, et le débrayage a lieu.

La seconde saillie ou came du cercle m^3 agit de la même manière lorsque la main-poseur revient des coins au tube S. La main-poseur est munie d'une saillie z^2 que rencontre le bout du levier s^3 et qui lui résiste. Si la main-poseur, retenue par un obstacle quelconque, ne marche pas, le levier s^3 ne rencontrant rien, le débrayage se produit instantanément.

MARCHE DE L'APPAREIL.

Quoique la marche de l'appareil se comprenne facilement à l'aide de la description que nous venons de donner de ses différents mouvements, nous pensons qu'un résumé, indiquant d'une manière précise l'ordre dans lequel agissent les diverses parties du mécanisme, ne fera que mieux comprendre le travail de cette ingénieuse et importante machine.

A chaque tour de l'arbre moteur, la boîte coulante P descend et remonte, et les deux coins se rapprochent et s'écartent une fois.

Avant le rapprochement des coins, la main-poseur a apporté un flan et s'est retirée brusquement. Dans le mouvement descensionnel du coin du revers, le cercle i^2 qui entoure ce coin rencontre la virole brisée t qu'il force à descendre en suivant le cône intérieur de l'anneau s, de telle sorte que les trois secteurs venant à se réunir impriment la légende sur la circonférence de la pièce de monnaie.

Les ressorts qui soutiennent le cercle i^2 cèdent alors assez pour que le coin de revers vienne presser sur le flan, après quoi les coins se séparent, mais le cercle i^2 appuie encore assez longtemps sur la virole brisée, pendant que les ressorts à boudin se détendent pour retenir la pièce frappée et empêcher qu'elle ne reste attachée au coin de revers.

Le cercle i^2 se retire, libère la virole que les ressorts u rappellent et séparent de nouveau ; les trois secteurs abandonnent alors la circonférence de la pièce.

Le mécanisme du dévirolage soulève le coin inférieur à la hauteur voulue, et la main-poseur, en apportant un nouveau flan, chasse la pièce terminée. Le coin inférieur redescend chargé d'un flan, la main-poseur se retire, et les coins se rapprochent de nouveau.

L'ouvrier qui surveille la machine est assis auprès d'elle et n'a d'autre occupation, outre l'attention qu'il doit apporter au bon état des pièces, que de prendre les flans d'un bassin Z′ fixé devant la machine, et d'en remplir le tube S à mesure qu'il voit par les échancrures de ce dernier qu'il est près d'être vide. La sécurité que présente l'appareil de désembrayage rend la surveillance de la machine très-facile.

Les douze ou quinze machines qui fonctionnent à l'Hôtel des Monnaies de Paris sont construites sur des dimensions très-différentes.

Les plus fortes, celles du n° 1 dont nous venons de donner la description,

font de 45 à 50 pièces par minute ; elles sont plus spécialement destinées à la fabrication des pièces de 5 francs en argent.

Celles qui servent à la fabrication des pièces d'or et des pièces de 2 fr. livrent de 65 à 70 pièces.

Le plus petit modèle livre jusqu'à 80 pieces de 50 centimes par minute.

D'après une note que nous devons à l'obligeance de M. Cail, le prix des presses que nous venons de décrire est de 15,500 fr. pour celles de grande dimension ; 14,000 pour presses de moyenne dimension, et 12,000 pour celles de petite dimension.

Toutes les presses de l'Hôtel des Monnaies de Paris sont mues par une machine à vapeur à deux cylindres, système de Woolf, construite par M. Moulfarine, et que nous avons décrite dans le vol. VII de la *Publication industrielle*. La force absorbée par chaque presse est estimée à 3 chevaux pour les plus grandes, 2,5 ch. pour les moyennes et 2 chevaux pour les petites.

MODULE DES MONNAIES DE FRANCE.

Nous pensons qu'il ne sera pas sans intérêt de reproduire, en terminant cet article, les documents suivants publiés par M. Durand, commissaire général des monnaies et médailles, à la suite de l'intéressant mémoire de M Silbermann sur les poids et mesures.

DU SYSTÈME DÉCIMAL APPLIQUÉ AUX MONNAIES FRANÇAISES. — Le vœu de la loi régulatrice du système décimal, vœu formellement exprimé, était que les pièces fractionnaires de l'unité monétaire fussent en rapport avec les divisions adoptées pour les poids et mesures; et ce vœu était d'autant plus rationnel que les calculs qui s'appliquent aux monnaies sont, sans comparaison, ceux dont on fait le plus d'usage; dès lors ils doivent être employés comme le moyen le plus efficace de rendre le système décimal familier aux populations qui, d'ordinaire, ont peu de temps à donner à leur éducation.

Mais, que doit-on entendre par *monnaies décimales ?*

La loi constitutive du 7 germinal an XI (28 mars 1803) fixait ainsi qu'il suit la nature des pièces qui devaient être fabriquées :

1° Or.......... 40 fr.. 20 fr.;
2° Argent...... 5 fr., 2 fr., 1 fr., 3/4 fr., 1/2 fr , 1/4 fr.;
3° Cuivre....... 10 c., 5 c., 3 c., 2 c.

Pour quelques personnes, ces coupures de pièces semblent répondre à la question qui a été posée; mais c'est une grave erreur, car la plupart de ces monnaies sortent de la division décimale. En effet, les pièces de 40 fr., de 3/4, de 1/4 de franc et 3 centimes ne divisent pas plus 100 que 10. Ce dernier nombre, qui est la base de la numération vulgaire, n'a que deux diviseurs, 2 et 5.

Pour être conséquent avec le système décimal et coordonner ainsi les monnaies avec les divisions de 10, de manière à ce que l'unité monétaire

absolue et chacune de ses unités multiples soient exprimées, des lois, des ordonnances ont modifié la loi du 7 germinal an XI, et ont établi ainsi qu'il suit les coupures de nos monnaies.

1 centime, 10 centimes, 1 franc, 10 francs, 100 francs (1), dont le double est

2 centimes, 20 centimes, 2 francs, 20 francs,

et la moitié

5 centimes, 50 centimes, 5 francs, 50 francs (2).

La pièce de 1 cent. n'a pas de moitié, celle de 100 fr. n'a pas son double.

Par des raisons purement monétaires, les pièces de 100 fr. et de 50 fr. n'ont pas été fabriquées. La pièce de 40 fr. a bien encore cours, mais depuis longtemps la fabrication en a cessé.

La circulation des monnaies, en France, se compose donc aujourd'hui,

Pour l'or, de pièces de....... 20 fr. et de 10 fr.;

Pour l'argent, de pièces de... 5 fr., 2 fr., 1 fr., 50 c., 20 c.;

Pour le bronze, de pièces de.. 10 c., 5 c., 2 c., 1 c.;

monnaies complétement décimales.

DE LA FABRICATION DES MONNAIES. — La France a adopté, pour la fabrication de ses monnaies, le régime de l'entreprise.

Cette fabrication est confiée, sous le contrôle et la surveillance de l'État, à des entrepreneurs qui ont le titre de directeurs de la fabrication.

Les frais alloués à ces entrepreneurs, frais qui sont supportés par les porteurs de matières aux hôtels des monnaies, sont réglés

à 1 fr. 50 par kilog. d'argent à 900/1000, et

à 6 fr. par kilog. d'or au même titre.

Moyennant cette retenue, les directeurs de la fabrication sont chargés de tous les frais de l'entreprise, tels que salaires des ouvriers, remplacement et entretien de tout le mobilier monétaire.

Le prix des coins est aussi à leur charge, ainsi que les frais de pesage, de comptage et de vérification des espèces monnayées et livrées à la circulation.

Les directeurs de la fabrication sont, en outre, obligés de fournir, sans augmentation de frais, en pièces fractionnaires de la pièce de 5 francs, le 1/40 de l'importance de la fabrication de l'argent, soit 25,000 fr. par million.

Ces 25,000 fr. se décomposent ainsi :

5,250 fr.	en pièces de	2 fr.,
12,250	de	1 fr.,
6,250	de	50 c.,
1,250	de	20 c.
25,000 francs.		

Le dixième de la fabrication de l'or doit être en pièces de 10 fr.

(1) La fabrication de la pièce de 100 fr. a été autorisée par ordonnance du mois de novembre 1830.
(2) La fabrication de la pièce de 50 fr. n'est pas encore décrétée.

Il existe en France sept hôtels des monnaies : ils sont situés à Paris, Rouen, Lyon, Bordeaux, Strasbourg, Marseille, Lille (1).

DU CONTRÔLE. — Le contrôle et la surveillance de la fabrication des monnaies sont confiés à une administration qui a le titre de *commission des monnaies et médailles*. Cette commission est composée de trois membres, un président et deux commissaires généraux.

Elle est chargée : 1° De juger le titre et le poids des espèces fabriquées, et de surveiller, dans toute l'étendue de la France, l'exécution des lois monétaires, la fabrication des monnaies et l'essai des ouvrages d'or et d'argent, etc., etc.; 2° De surveiller les opérations de tous les fonctionnaires des ateliers monétaires.

Elle propose les tarifs servant à déterminer les titres d'après lesquels les espèces et matières d'or et d'argent sont reçues dans les hôtels des monnaies. Elle fait essayer les espèces étrangères nouvellement fabriquées, etc., etc. Aux termes d'une ordonnance de 1832, elle surveille la fabrication des médailles, en propose les tarifs et en autorise la délivrance et la mise en vente. Elle est chargée, en outre, du contrôle à exercer sur la confection des planches et l'impression des timbres-postes, billets de banque et cartes à jouer. La commission des monnaies et médailles est comprise dans les attributions du ministère des finances.

Elle a près d'elle : 1° Un bureau des essais, composé d'un vérificateur, de deux essayeurs et d'un aide-essayeur; 2° Un graveur général et deux graveurs adjoints; 3° Un contrôleur à la fabrication des coins et poinçons.

Il y a dans chaque hôtel des monnaies, outre le directeur de la fabrication, 1° Un commissaire impérial, chef de service; 2° Un contrôleur au change; 3° Un contrôleur au monnayage; 4° Un commis. Tous les fonctionnaires et agents chargés du contrôle et de la surveillance de la fabrication des monnaies reçoivent un traitement fixe sur les fonds du trésor public.

Des lois et des règlements qui déterminent les fonctions de ces divers agents offrent des garanties suffisantes pour la bonne exécution de nos monnaies nationales.

Le système décimal, qui est une des gloires de la France, tend à devenir universel. Déjà appliqué aux monnaies, il a eu de nombreux imitateurs, soit qu'il s'agisse de l'adoption du titre de nos espèces, de leurs coupures décimales, de leur valeur, soit de notre organisation monétaire. La Belgique, le Piémont, la Suisse, l'Espagne sont entrés dans cette voie. Nos monnaies circulent dans ces divers pays comme en France, ainsi que dans l'Allemagne et dans une portion de l'Amérique. *Signé* B. DURAND.

M. Durand joint à ces notes le tableau synoptique suivant résumant tous les renseignements sur la fabrication des monnaies françaises.

(1) D'après une ordonnance de François Ier, du 14 janvier 1539, les pièces, suivant la ville dans laquelle elles ont été frappées, sont marquées d'une lettre spéciale. Les lettres adoptées sont : pour Paris A ; pour Rouen B ; Pour Lyon D; pour Bordeaux K ; pour Strasbourg BB ; pour Marseille MM ; et enfin pour Lille W.

TABLEAU SYNOPTIQUE DE

PRIX DU KILOGRAMME DES MATIÈRES RENTRÉES AU CHANGE, RETENUE RÉDUITE.				NATURE ET VALEUR DES PIÈCES.			DIAMÈTRES DES PIÈCES.	TAILLE ou nombre des pièces par kilogr.	POIDS D'UNE PIÈCE.		
OR,		ARGENT,									
à 1000/1000.	à 900/1000.	à 1000/1000.	à 900/1000.		Valeur nominale	Valeur réelle.			Poids droit.	Poids fort.	Poids faible.
a	*a*	*a*	*a*		*a*	*a*	*b*	*c*	*c*	*c*	*c*
fr. c.	fr.	fr. c.	fr. c.		fr. c.	fr. c.	mill.		gr. c. m.	gr. c. m.	gr. c. m.
				OR.	20 »	19.96.»	21	155	6.451.6	6.464.5	6.438.7
					10 »	9.98. »	19	310	3.225.8	3.232.25	3.219.35
				ARGENT.	5 »	4.96.35	37	40	25	25.075	24.925
3.437.77.77	3.094	220.56	198.50		2 »	1.98.50	27	100	10	10.050	9.950
					1 »	».99.25	23	200	5	5.025	4.975
					» 50	».49.62	18	400	2.50	2.517.5	2.481.5
					» 20	».19.85	15	1000	1	1.010	» 9.900
* La matière pour la fabrication de la monnaie de bronze est fournie par l'État aux directeurs.				BRONZE.	» 10	»	30	100	10	10.100	9.900
					» 5	»	25	200	5	5.050	4.950
					» 2	»	20	500	2	2.030	1.970
					» 1	»	15	1000	1	1.015	».985

a Tarifs annexés à la loi du 17 prairial an XI et au décret du 15 septembre 1849. — *b* Loi du 7 germinal an IX, décr du 7 germinal an XI, décret du 22 mai 1849. — *c* Instruction de la commission du 31 décembre 1849. — *f* Lois des 7 ger 1852. — *i* Délibération du 10 mars 1852. Le prix des viroles brisées a été mis à la charge des directeurs par délibérati de la commission du 10 janvier 1851.

* Cette fabrication a été ordonnée par une loi du 6 mai 1852. — ** La composition de l'alliage des monnaies de bron

…ATION DES MONNAIES FRANÇAISES.

LERANCE DU POIDS par kilogr. en dessus et en dessous.	par pièce en dessus et en dessous.	ÉCHANTILLONS PRÉLEVÉS SUR CHAQUE BRÈVE. NOMBRE des pièces.	POIDS droit.	POIDS fort.	POIDS faible.	RETENUE par kilogr. sur la matière à 900/1000 pour frais de fabrication.	FRAIS INHÉRENTS A LA FABRICATION. Vérification par 6,000 pièces.	Prix des coins par kilogr.	Prix des viroles brisées par 200,000	40 CENTIMES A FABRIQUER en pièces divisionnaires sur le montant des façons. Proportion des pièces.	Par milliers fabriqués
c	*c*	*e*	*c*	*c*	*c*	*f*	*g*	*h*	*i*	*j*	*j*
gr.	m.		gr. c.	gr. c.	gr. c.	fr. c.			fr.	c.	fr.
2	12.50	6	38.71	38.79	38.63	6 »			40	»	»
2	6.25	6	19.254.8	19.393.5	19.316	6 »			»	»	»
3	75 »	8	200	200.60	199.40	1 50			40	»	»
5	50 »	8	80	80.40	79.60	1 50	3 fr.	5 c	»	8/40	5.000
5	25 »	8	40	40.20	39.80	1 50			»	20/40	12.500
7	18 »	8	20	20.14	19.86	1 50			»	10/40	6.250
10	10 »	16	16	16.16	15.84	1 50			»	2/40	1.250
La tolérance du du poids en fort et en faible est de 1 p. 100 pour les pièces de 5 et 10 centimes, et 1 1/2 p. 100 pour les pieces de 1 et 2 c.		10	100	101	99	» 92	1 fr. 50 c. par 10,000 fr.	Les coins sont payés par paire, 14, 18, 22 f.	Les viroles peuvent être faites par le graveur général ou par le directeur.	»	»
			50	50.50	49 50	1 32				»	»
			20	20.30	19.70	2 24				»	»
			10	10.15	9.85	3 »				»	»

…48, addition au programme du concours du 18 avril 1848. — *c* Loi du 7 germinal an XI, décret du 3 mai 1848. — *d* Loi …15 septembre 1849. — *g* Délibération de la commission du 13 avril 1848.— *h* Délibération de la commission du 10 mars …bre 1834; celui des viroles cannelées est traité de gré à gré entre le directeur et le graveur général. — *j*. Délibération

…rminée : 95 parties de cuivre pur, 4 parties d'étain, 1 partie de zinc = 100.

STUFFING-BOXES

OU BOITES A ÉTOUPES.

GARNITURES DE TIGES MOBILES

POUR LES POMPES A AIR OU A EAU, MACHINES A VAPEUR, PRESSES HYDRAULIQUES, ETC.

PROPORTIONS DES DIVERSES PARTIES DE CES GARNITURES,

PAR

M. ARMENGAUD aîné, Ingénieur à Paris.

(PLANCHE 3.)

On sait que les dispositions adoptées dans les machines à vapeur, dans les presses hydrauliques et en général dans les pompes à air ou à eau, pour empêcher les fuites au passage des tiges mobiles, prennent le nom de boîtes à étoupes ou *stuffing-boxes*. Leur intérieur est composé en filasses, ou en étoupes de chanvre, de lin ou de coton, quelquefois en cuir et même en métal.

Cette partie élastique, imperméable, qui entoure la pièce mobile et qui forme la *garniture* proprement dite, est renfermée dans une sorte de boîte ou de caisse et serrée à l'aide de vis ou de boulons à écrous par un bouchon en métal que l'on nomme le plus souvent *presse-étoupes*.

En pratique, il est assez difficile de faire une bonne garniture, parce qu'il faut que l'étoupe ou le corps élastique n'exerce sur toute la surface de la tige avec laquelle il est en contact qu'une pression déterminée qui doit être suffisante pour empêcher les entrées d'air et les fuites de vapeur, de gaz ou de liquide contenu dans le cylindre, et pas assez cependant pour occasionner un trop grand frottement et par suite une trop grande usure.

Une garniture, pour être bien entretenue, doit être graissée souvent, et pour cela on fait toujours en sorte que le bouchon ou le tampon qui ferme la boîte soit évasé de manière à former réservoir d'huile ou de graisse.

C'est particulièrement pour les cylindres, les pompes et les boîtes de distribution des machines à vapeur que l'on emploie les stuffing-boxes garnis d'étoupes; pour les presses hydrauliques, comme pour les pompes d'injection, on fait plutôt usage de garnitures en cuir embouti; et dans de certains cas, lorsqu'il s'agit de contenir des corps gazeux très-subtils, tels que l'éther et le chloroforme, par exemple, on a dû imaginer des dispositions de fermetures beaucoup plus hermétiques. Enfin, on applique aussi, dans de certaines circonstances, des garnitures entièrement métalliques, lesquelles ont l'avantage de résister à des températures très-élevées, qui détruiraient rapidement le cuir ou les étoupes.

Nous décrirons successivement ces divers systèmes de stuffing-boxes, après avoir montré la construction du modèle ordinaire, qui est le plus généralement employé dans les machines.

CONSTRUCTION DE LA BOITE A ÉTOUPES CHOISIE POUR TYPE ET REPRÉSENTÉE SUR LES FIGURES 1 ET 2 DE LA PLANCHE 3.

C'est habituellement sur le couvercle du cylindre à vapeur que l'on ménage la saillie et l'ouverture nécessaires pour loger la garniture proprement dite qui doit entourer la tige du piston, sans l'empêcher de marcher, tout en évitant, comme nous l'avons dit, les rentrées d'air ou les sorties de vapeur.

Ainsi la fig. 1re représente en section verticale le milieu de la partie centrale du couvercle en fonte A qui doit fermer la partie supérieure d'un cylindre de machine à vapeur, et en même temps le bouchon B, ou *presse-étoupes*, à l'aide duquel on comprime au degré convenable les tresses ou garnitures de filasses renfermées dans la partie inférieure *f*.

Cette compression a lieu au moyen des deux boulons à écrous *b*, dont la tête est ajustée sur les goujons *c*, qui se taraudent directement dans l'épaisseur de la fonte. Ces boulons traversent des oreilles fondues avec le bouchon et auxquelles on donne la forme indiquée sur le plan fig. 2; c'est-à-dire qu'elles se terminent par des contours demi-circulaires qui s'accordent avec la partie renflée et cylindrique du bouchon, soit par des lignes droites, soit par des arcs de cercle (fig. 5).

La tige *d* du piston est donc ainsi en contact, d'une part, avec la paroi intérieure du bouchon B, et de l'autre avec la garniture d'étoupes, puis avec la virole *v*, qui est rapportée dans le fond de la partie évidée du couvercle et qui, comme le bouchon, lui sert de guide. L'addition de cette virole est nécessaire, parce qu'elle peut être renouvelée facilement, quand après un certain temps de service on reconnaît qu'elle laisse du jeu entre elle et la tige, et on n'a pas besoin pour cela de remplacer le couvercle.

L'étoupe, convenablement comprimée par le bouchon, doit être constamment graissée, et à cet effet on a le soin de ménager à sa partie supérieure un évasement formant godet qui doit être assez grand pour conte-

nir une certaine quantité d'huile à la fois et pour que la tige dans son mouvement ascensionnel ne fasse pas projeter la graisse au dehors.

PROPORTIONS DES DIVERSES PARTIES DE LA BOITE A ÉTOUPES.

Jusqu'ici il n'a pas été donné de règle précise pour fixer les proportions à donner aux diverses parties d'une boîte à étoupes; nous avons cherché à en établir en consultant à cet effet les modèles des meilleurs constructeurs. Nous croyons qu'elles conviennent pour laisser la force ou l'épaisseur nécessaire dans les parties principales qui fatiguent le plus, sans exiger trop de matière dans les autres parties.

On comprend sans doute que les dimensions d'une boîte à étoupes doivent dépendre du diamètre même de la tige mobile qui la traverse; c'est donc par la détermination de celle-ci que nous commencerons.

Diamètre de la tige. — Déjà, en publiant dans le 1er volume de ce Recueil la machine à vapeur de Saint-Ouen et les proportions adoptées pour les organes principaux de cette machine, par le célèbre Watt et les constructeurs qui l'ont imité, nous avons donné la règle suivie en pratique pour déterminer le diamètre des tiges de pistons.

Cette règle, comme on se le rappelle, suppose approximativement que la tige, lorsqu'elle est en fer forgé, est chargée de 100 kilog. par centimètre circulaire (1), d'après Watt, ou de 100 kilog. par centimètre carré, d'après Farey.

Ainsi, le cylindre d'une machine à vapeur ayant $0^{m}50$ de diamètre, si on suppose que la pression maximum sur le piston soit de 5 atmosphères ou $5^{k}165$ par centimètre carré, on trouve pour le diamètre de la tige en fer, suivant la pratique de Watt,

$$50^2 \times 5.165 = 2500 \times 5.165 = 12912,50$$

$$\text{d'où} \quad d = \sqrt{12912,50} = 11^{c}36,$$

et suivant la formule de Farey,

$$50^2 \times 0.7854 \times 5.165 = 10139,$$

$$\text{d'où} \quad d = \sqrt{\frac{10139}{100}} = 10^{c}06.$$

La première formule donne donc, comme on le voit, un résultat plus fort que la deuxième, mais nous croyons que celle-ci est suffisante en général pour les machines fixes, surtout à notre époque, où l'on travaille beaucoup mieux le fer qu'on ne le faisait il y a un demi-siècle.

Nous pensons cependant qu'il est utile, surtout pour les petites machines, d'ajouter à la valeur de Farey une petite quantité fixe qui n'a évi-

(1) On sait qu'on estime la surface d'un cercle en quantités *circulaires* en faisant simplement le carré du diamètre.

demment pas d'influence pour les moteurs puissants et qui est favorable au contraire aux tiges correspondantes à de faibles pressions. Cette quantité additive de 5 millim. seulement peut être considérée comme destinée à remplacer l'usure.

La formule pratique que nous adoptons est donc en définitive :

$$d = \sqrt{\frac{P}{100}} + 0^{c}5. \qquad [1]$$

d étant le diamètre de la tige en centimètres,

P la pression totale en kilogrammes,

Et 0.5 la quantité additive de 1/2 centimètre dont nous venons de parler.

Elle peut être simplifiée ainsi :

$$d = \sqrt{\frac{P}{100}} + 5,$$

en admettant alors que d exprime des millimètres au lieu de centimètres.

On aurait donc pour les données ci-dessus :

$$d = \sqrt{\frac{10139}{100}} + 5^{\text{mil.}} = 105^{\text{mil.}}6.$$

Dans certaines machines, on trouve quelquefois avantage à appliquer des tiges en acier, parce que, étant plus petites de diamètre, elles permettent de réduire proportionnellement les dimensions des boîtes à étoupes.

Ainsi, pour une force donnée, la tige en acier n'a pour diamètre que les 3/5 de celui de la tige en fer. Il suffit alors de multiplier celle-ci par 0.6 pour connaître le diamètre de la première.

Dans l'exemple précédent on aurait donc

$$d = 10.56 \times 0.6 = 6^{c}34.$$

A l'égard des machines oscillantes dans lesquelles la tige du piston communique directement la puissance à l'arbre moteur, comme aussi des machines de navigation, il est prudent d'augmenter les dimensions précédentes; nous estimons que cette augmentation est telle qu'au lieu du chiffre 100 adopté ci-dessus, il faudrait tout au plus mettre 75, ce qui établirait alors pour le diamètre de la tige en fer

$$d = \sqrt{\frac{P}{75}} + 0.5. \qquad [2]$$

D'après ce qui précède nous pouvons établir la table suivante, qui donne les dimensions des tiges en fer et en acier correspondantes à des pressions ou à des charges données, soit pour les machines de terre soit pour les appareils de navigation.

TABLE RELATIVE AUX DIAMÈTRES DES TIGES DE PISTONS.

PRESSION ou charge totale sur la tige en kilogr. P	DIAMÈTRE DE LA TIGE DU PISTON POUR LES MACHINES DE TERRE.		DIAMÈTRE DE LA TIGE DU PISTON POUR LES APPAREILS DE NAVIGATION.	
	En fer. d	En acier. d	En fer. d'	En acier. d'
kilogr.	millim.	millim.	millim.	millim.
100	15	9	17	10
225	20	12	22	13
400	25	15	28	17
625	30	18	34	20
900	35	21	40	24
1225	40	24	45	27
1600	45	27	51	31
2025	50	30	57	34
2500	55	33	63	38
3025	60	36	70	42
3600	65	39	74	44
4225	70	42	80	48
4900	75	45	86	52
5625	80	48	92	55
6400	85	51	97	58
7225	90	54	103	62
8100	95	57	109	65
9025	100	60	115	69
10000	105	63	121	73
11025	110	66	126	76
12100	115	69	132	79
13225	120	72	138	83
14400	125	75	144	86
15625	130	78	149	89
16900	135	81	155	93
18225	140	84	161	97
19600	145	87	167	100
21025	150	90	172	103
22500	155	93	178	107
24025	160	96	184	110
25600	165	99	190	114
27225	170	102	195	117
28900	175	105	201	121
30625	180	108	207	124
32400	185	111	213	128
34225	190	114	219	131
36100	195	117	224	134
38025	200	120	230	138
$100\,(d-0^{c}5)^2$	$\sqrt{\frac{P}{100}}+0^{c}5$	$\left(\sqrt{\frac{P}{100}}+0^{c}5\right)0,6$	$\sqrt{\frac{P}{75}}+0^{c}5$	$\left(\sqrt{\frac{P}{75}}+0^{c}5\right)0,6$

Nous avons dit que c'est le diamètre de la tige même qui traverse la boîte à étoupes que l'on doit prendre pour base ou pour unité de mesure, dans les formules pratiques adoptées. Nous allons donc faire connaître les proportions des différentes parties de cette boîte, en partant de cette donnée.

Bouchon ou presse-étoupes. — Le diamètre D de la partie cylindrique du bouchon B, fig. 1re, ou presse-étoupes, proprement dit, est déterminé de la manière suivante :

$$D = 1.3\,d + 8 \text{ millimètres,} \qquad [3]$$

en admettant que la tige du piston soit en fer forgé et son diamètre d exprimé en millimètres.

Ainsi d étant égal à 105 millimètres, on aurait

$$D = 1.3 \times 105 + 8 = 144{,}5.$$

Cette dimension donne naturellement l'épaisseur même de la partie cylindrique du bouchon, et en même temps l'épaisseur de la couche de tresse ou d'étoupes contenues dans la boîte autour de la tige. En représentant cette épaisseur par f, on a donc comme conséquence de la valeur précédente

$$f = 0.15\,d + 4. \qquad [4]$$

La hauteur h du presse-étoupes, sans le godet dont il est surmonté, et qui est fondu avec lui, n'est pas toujours proportionnellement la même dans les divers systèmes de machines. Ainsi, pour les boîtes des cylindres oscillants, dans les machines de terre, il est nécessaire de la faire très-grande afin de mieux guider la tige du piston qui sert alors de bielle. Pour les boîtes à cylindres fixes on peut généralement la limiter à la valeur suivante :

$$h = d + 10 \qquad [5]$$

On tient évidemment compte dans cette donnée du degré de serrage que l'on doit pouvoir faire pendant un certain temps sans être obligé de renouveler l'étoupe.

L'épaisseur e des oreilles sur lesquelles s'opère la pression des écrous est supposée déterminée par la relation

$$e = 0.2\,d + 7 \qquad [6]$$

Comme il est utile que ces oreilles présentent le moins de saillie possible, on s'arrange pour que les boulons de serrage b soient très-proches de la circonférence de la boîte à étoupes.

On limite aussi dans ce cas le diamètre D′ du godet comme suit :

$$D' = 1.4\,d + 16 \qquad [7]$$

et la hauteur minimum de cette partie du godet au-dessus de la bride est exprimée par

$$g = 0.25\,d + 5. \qquad (8)$$

BOULONS DE SERRAGE. — Le diamètre d' des boulons b dépend évidemment de l'effort ou de la pression exercée sur la filasse à l'aide de la clé à main qui agit sur les écrous, ce diamètre est déterminé par la formule

$$d' = 0.18\,d + 5. \qquad (9)$$

laquelle correspond, en admettant seulement deux boulons de serrage, à une pression d'environ 10 kil. sur l'étoupe, ce qui est largement suffisant si on se reporte aux proportions établies précédemment pour les vis et les boulons. (Voir tome VIIIe, pl. 3.)

Lorsque le diamètre dépasse 25 millimètres, il est préférable de multiplier le nombre des boulons et alors on donne à la bride du bouchon une forme circulaire au lieu de celle oblongue et à oreilles indiquée fig. 2. La hauteur des écrous qui sont traversés par ces boulons doit être plus grande qu'à l'ordinaire pour empêcher qu'ils ne se desserrent trop facilement pendant la marche de la machine. Il est vrai que l'on peut éviter cet inconvénient en adoptant des dispositions particulières comme celle que nous décrivons plus loin.

Nous avons dit que ces boulons doivent être le plus rapprochés possible de la surface extérieure de la boite D''; on trouve du reste cet écartement par la formule

$$E = 2D - d + 1.4\,d' + 5,$$

ou par celle plus simple

$$E = 2\,d + 25. \qquad (10)$$

DIMENSIONS DE LA BOITE. — Le diamètre extérieur de la partie cylindrique D'' de la boite à étoupes proprement dite, doit être déterminé de manière à ce que l'épaisseur soit suffisante pour résister à l'extension de l'étoupe comprimée par l'effort des boulons. Nous faisons alors

$$D'' = 1.6\,d + 16, \qquad (11)$$

d'où il résulte que l'épaisseur m du métal devient au minimum

$$m = 0.15\,d + 4. \qquad (12)$$

Quant à la hauteur totale de cette partie cylindrique de la boite, on doit généralement la faire un peu plus grande que celle qui a été déterminée pour le bouchon, afin que non-seulement elle puisse permettre de recevoir intérieurement une quantité suffisante de filasse, mais encore qu'elle puisse servir de guide, dans sa partie inférieure, à la tige du piston. Nous avons vu que pour cela on rapporte généralement dans le fond une bague en cuivre r, ajustée de force suivant une forme légèrement conique.

Les proportions de cette virole pour le grand diamètre V et le plus petit v peuvent s'exprimer ainsi :

$$V = 1.1\,d + 7 \qquad [13]$$

$$\text{et } v = 1.1\,d + 2 \qquad [14]$$

Au reste la hauteur H de la partie intérieure de la boîte destinée à recevoir l'étoupe peut généralement se faire

$$H = h + \frac{e}{2}. \qquad [15]$$

Dans les machines de mer, où l'on cherche à réduire le plus possible la hauteur des cylindres et par conséquent la longueur de la course des pistons, on est souvent dans l'obligation de limiter la hauteur totale de la boîte à étoupes et de son bouchon ; aussi il n'est pas surprenant de la voir plus petite comparativement à la grosseur de la tige que celle indiquée sur le dessin (fig. 1re).

Nous avons remarqué, en effet, que dans bien des cas la hauteur du presse-étoupe h est égale à

$$h = 0.35\,d + 10. \qquad [16]$$

Ainsi nous avons représenté, sur la coupe fig. 3e, une disposition de stuffing-boxes copié d'après les appareils de marine à cylindres oscillants exécutés par M. Penn, de Londres, et par M. Nillus, du Havre.

On voit, par cette figure, que d'un côté les constructeurs ont diminué considérablement la hauteur du bouchon ou presse-étoupes B, comme ils ont réduit la longueur de la course du piston pour permettre de faire marcher l'arbre moteur à une vitesse de rotation sensiblement plus grande qu'on ne le fait généralement dans les machines de terre, et d'un autre côté ils ont donné au godet à l'huile g une forme de vase fermé qui ne laisse que juste le passage de la tige, afin que dans les oscillations du cylindre l'huile ou la graisse ne soit pas projetée au dehors.

Nous avons également représenté, sur les fig. 4 et 5, le presse-étoupes d'un cylindre fixe, appartenant de même à un appareil de mer.

Lorsque les tiges dépassent une certaine dimension, et que par suite les presse-étoupes atteignent des proportions un peu considérables, on les fait en fonte de fer au lieu de les faire en bronze, comme nous l'avons supposé sur la fig. 1re, mais alors on rapporte à l'intérieur, comme déjà on le fait pour le fond de la boîte, une virole en cuivre v (fig. 4), qui est ajustée et rivée par le bord et que l'on peut renouveler facilement en cas d'usure.

Les diamètres de cette virole, qui est aussi de forme conique, peuvent se déterminer comme ceux de la précédente (13 et 14).

TABLE RELATIVE AUX PROPORTIONS DES DIVERSES PARTIES PRINCIPALES DES BOITES A ÉTOUPES.

d Diamètre de la tige en millim.	D Diamètre du bouchon en millim.	*h* et *h'* Hauteur de la partie extérieure des bouchons pour les Machines de terre.	Machines de mer.	*e* Épaisseur de la bride en millim.	D' Diamètre du godet en millim.	*g* Hauteur du godet en millim.
15	28	25	15	10	37	9
20	34	30	17	11	44	10
25	41	35	19	12	51	11
30	47	40	21	13	58	12
35	54	45	22	14	65	14
40	60	50	24	15	72	15
45	67	55	26	16	79	16
50	73	60	28	17	86	18
55	80	65	29	18	93	19
60	86	70	31	19	100	20
65	93	75	33	20	107	21
70	99	80	35	21	114	23
75	106	85	36	22	121	24
80	112	90	38	23	128	25
85	119	95	40	24	135	26
90	125	100	42	25	142	28
95	132	105	43	26	149	29
100	138	110	45	27	156	30
105	145	115	47	28	163	31
110	151	120	49	29	170	33
115	158	125	50	30	177	34
120	164	130	52	31	184	35
125	171	135	54	32	191	36
130	177	140	56	33	198	38
135	184	145	57	34	205	39
140	190	150	59	35	212	40
145	197	155	61	36	219	41
150	203	160	63	37	226	43
155	210	165	64	38	233	44
160	216	170	66	39	240	45
165	223	175	68	40	247	46
170	229	180	70	41	254	48
175	236	185	71	42	261	49
180	242	190	73	43	268	50
185	249	195	75	44	275	51
190	255	200	77	45	282	53
195	262	205	78	46	289	54
200	268	210	80	47	296	55
$d=\sqrt{P}+5$	$D=1,3d+8$	$h=d+10$	$h'=0,35\,d+10$	$e=0,2\,d+7$	$D'=1,4d+16$	$g=0,25d+5$

SUITE DE LA TABLE RELATIVE AUX PROPORTIONS DES DIVERSES PARTIES PRINCIPALES DES BOITES A ÉTOUPES.

d Diamètre de la tige en millim.	D″ Diamètre extérieur de la boîte en millim.	d' Diamètre des boulons en millim.	E Écartement des boulons.	V Grand diamètre de la virole.	v Petit diamètre de la virole.	H et H′ Hauteur intérieure de la boîte pour les	
						Machines de terre.	Machines de mer.
15	40	8	57	»	»	30	20
20	48	9	65	»	»	35	23
25	56	10	74	»	»	41	25
30	64	10	84	»	»	46	27
35	72	11	93	»	»	52	29
40	80	12	102	»	»	57	32
45	88	13	111	»	»	63	34
50	96	14	121	62	57	68	36
55	104	15	130	68	63	74	38
60	112	16	139	73	68	79	41
65	120	17	148	79	74	85	43
70	128	18	158	84	79	90	45
75	136	19	167	90	85	96	47
80	144	19	176	95	90	101	50
85	152	20	185	101	96	107	52
90	160	21	195	106	101	112	54
95	168	22	204	112	107	118	56
100	176	23	213	117	112	123	59
105	184	24	222	123	118	129	61
110	192	25	232	128	123	134	63
115	200	26	241	134	129	140	65
120	208	27	250	139	134	145	68
125	216	28	260	145	140	151	70
130	224	28	269	150	145	156	72
135	232	29	278	156	151	162	74
140	240	30	287	161	156	167	77
145	248	31	297	167	162	173	79
150	256	32	306	172	167	178	81
155	264	33	316	178	173	184	83
160	272	34	325	183	178	189	85
165	280	35	335	189	184	195	88
170	288	36	344	194	189	200	90
175	296	37	353	200	195	206	92
180	304	38	362	205	200	211	94
185	312	38	371	211	206	217	97
190	320	39	380	216	211	222	99
195	328	40	390	222	217	228	101
200	336	41	398	227	222	233	103
$\sqrt{P}+5$	$1,6d+16$	$0,18d+5$	$2D-d+(1,4d'+5)$	$1,1d+7$	$1,1d+2$	$h+\frac{e}{2}$	$h'+\frac{e}{2}$

Nous avons cru devoir résumer dans les deux tables ci-dessus les diverses proportions données aux différentes parties des boites à étoupes correspondantes aux tiges en fer depuis 15 millimètres de diamètre jusqu'à 200. Nous avons cherché aussi à les représenter graphiquement sur le tracé géométrique fig. [illegible], selon le mode que nous avons déjà adopté dans des planches précédentes pour fixer les dimensions des principaux organes, il sera facile alors de comparer les données du diagramme avec les chiffres des tables. Nous avons eu le soin de représenter par les mêmes lettres les lignes du tracé correspondantes aux colonnes des deux tables : nous devons seulement faire observer que les ordonnées ou échelles verticales représentent les diamètres des tiges en centimètres de 1 à 13, et que pour éviter la confusion des deux échelles supérieures qui vont chacune dans un sens opposé, elles sont séparées l'une de l'autre afin de mieux distinguer les nombres correspondants aux divisions. A l'exception du diamètre de la tige qui est déterminé par la courbe parabolique P à laquelle correspond l'échelle inférieure divisée en quintaux métriques, toutes les autres valeurs sont exprimées par des lignes droites.

DIVERSES DISPOSITIONS DE STUFFING-BOXES, DE GARNITURES OU DE BOITES A ÉTOUPES.

La construction des garnitures ou des boites à étoupes varie dans la pratique, non-seulement suivant le genre de machine adopté par les constructeurs ou les fabricants, mais encore suivant les applications ou la nature même des fluides employés. Nous avons pensé qu'il pourrait être intéressant, surtout pour les jeunes mécaniciens, de faire voir les principales dispositions qui sont en usage dans les différentes circonstances ; nous donnons donc, après les modèles-types que nous avons indiqués, les dessins et la description de ceux qui sont adoptés dans les cas particuliers.

Boite a étoupes pour cylindre horizontal (fig. 6). — Lorsqu'un corps de pompe ou le cylindre d'une machine est couché horizontalement, la tige du piston est elle-même horizontale et alors sa boîte à étoupes est forcément renversée. Dans ce cas, la garniture est graissée au moyen d'un godet spécial g' que l'on visse sur la partie cylindrique de la boite D'' : ce godet est d'ailleurs disposé pour recevoir une mèche de coton qui trempe dans l'huile et descend par le conduit vertical pratiqué au centre.

Pour empêcher que la graisse ne soit entraînée au dehors par le mouvement même de la tige, on ferme le godet g du presse-étoupes par un chapeau à vis g^2 qui par son bord extérieur est en contact avec la tige.

Cette disposition de boîte à étoupes, qui est indispensable dans les machines horizontales comme dans les machines à cylindres obliques, a été appliquée très-souvent par MM. Bourdon, Farcot, et par d'autres constructeurs.

Boite a étoupes horizontale pour machines locomotives (fig. 7, 8). — Dans les machines locomotives, comme en général dans les machines à grandes vitesses, il est utile de donner aux garnitures une grande lon-

gueur comparativement à la grosseur de la tige et de faire en sorte que le graissage soit pour ainsi dire continu. Il faut aussi éviter que le bouchon ou le presse-étoupes ne puisse se desserrer par les effets de tremblements ou de trépidations de la machine.

Le système représenté en coupe verticale et en vue de face sur les fig. 7 et 8, réunit ces conditions essentielles. Le corps de la boîte D″, qui est très-long, renferme dans le fond une virole en cuivre *v*, que l'on peut aisément remplacer par le presse-étoupes B, qui est lui-même en bronze et fondu avec une sorte de réservoir *g*′, que l'on remplit d'huile ou de graisse, amenée comme dans le système précédent à l'aide d'une mèche de coton, jusqu'à l'intérieur évidé du bouchon et par suite jusqu'à la garniture. Au moyen d'un ressort à deux branches *r* dont les extrémités s'engagent dans les dents de deux espèces de petites roues *r*′ rapportées sur une partie de l'épaisseur des écrous *b*, on empêche naturellement ces écrous de se détourner et par suite les boulons qui retiennent le presse-étoupe de se desserrer par les vibrations ou les mouvements plus ou moins rapides de la tige du piston.

Garniture pour les petites tiges (fig. 9). — Quand les tiges sont de faibles diamètres, comme celles des tiroirs de distribution ou des pistons de petites dimensions, on adopte assez généralement la disposition de boîte indiquée sur la coupe fig. 9, disposition qui est à la fois économique de construction et de forme très-régulière. Le bouchon B, qui est alors toujours en bronze, est taillé à pans sur la surface extérieure comme un écrou ordinaire, afin qu'on puisse le tourner avec une clé, et il est vissé à l'intérieur de la boîte D″ dans la partie cylindrique qui surmonte l'étoupe.

Comme il est utile que des filaments de celle-ci ne puissent s'engager dans les filets de vis, on rapporte à l'intérieur du bouchon une petite virole en cuivre *v* qui forme embase dans sa partie inférieure. Quelquefois on taraude le bouchon à l'extérieur même de la boîte, tandis que l'intérieur est lisse pour opérer la pression sur l'étoupe qui, de cette manière, ne peut jamais être engorgée.

Boite a étoupes a recouvrement (fig. 10 et 11). — Ce système de boîte, que nous avons remarqué dans plusieurs machines et particulièrement sur celles construites par M. Nillus, du Havre, se distingue par cette particularité que le presse-étoupes recouvre la partie supérieure de la boîte tout en pénétrant dans l'intérieur. Il en résulte que les boulons de serrage sont cachés et ne laissent apparents à l'extérieur que les écrous. Comme les pièces sont de forme entièrement circulaire, elles peuvent s'exécuter complétement sur le tour, ce qui simplifie le travail et offre l'avantage de permettre de nettoyer toutes les surfaces avec la plus grande facilité. Pour les grosses tiges, les boulons de serrage sont au nombre de 3 à 4, et le frottement a lieu, comme précédemment, sur des viroles en cuivre *v*, *v*′, rapportées à l'intérieur.

Garnitures de machines a simple effet (fig. 12 et 13). — En pu-

bliant, à la fin du VIe volume, le système de machine à simple effet, dite de Cornouailles, que l'on emploie généralement pour élever l'eau, nous avons décrit la disposition spéciale de la boîte à étoupes appliquée sur le cylindre à vapeur.

On se rappelle que le principe caractéristique de cette garniture consiste dans l'application d'une bague creuse *p* que l'on place dans l'intérieur de la boîte même entre deux couches épaisses de filasse ou d'étoupe.

Cette bague entoure la tige du piston et est mise en communication avec la vapeur contenue dans la chemise qui entoure le cylindre, à l'aide d'un petit tube muni d'un robinet *q*; cette vapeur exerce sa pression contre la surface de la tige et coopère ainsi que l'étoupe comprimée à empêcher l'entrée de l'air atmosphérique, et si la garniture venait à fuir, on en serait immédiatement averti par le sifflement que produirait la vapeur, dont la tension est toujours supérieure à celle de l'atmosphère.

La partie supérieure présente une disposition analogue à la précédente; seulement elle est inverse, c'est-à-dire que c'est la bride de la boîte même qui est prolongée et évidée pour envelopper le presse-étoupes. Cette boîte est aussi fondue avec une sorte de calotte circulaire F, qui forme sur tout son pourtour un récipient ou une auge dans laquelle tombent les huiles ou les graisses qui pourraient s'échapper au dehors par le mouvement de la tige.

GARNITURE POUR LA VAPEUR D'ÉTHER (fig. 14). — Lorsque le gaz ou la vapeur employé comme agent dynamique est très-subtil, comme l'éther, le chloroforme et d'autres substances alcooliques, il importe de faire autour des tiges une garniture parfaitement étanche, car on ne peut pas admettre de fuites qui, quelque légères qu'elles soient, occasionneraient en peu de temps une perte considérable à cause du prix élevé de la matière même.

M. Du Tremblay, qui depuis longtemps s'est occupé de la construction des machines à éther, dont nous avons publié le premier système dans le Ve volume, a eu constamment à étudier les garnitures, et, après bien des essais, il paraît s'être arrêté, dans ces derniers temps, à la disposition indiquée sur la coupe verticale (fig. 14).

On remarque que dans cette disposition la tige *d* du piston est entourée par un tissu flexible *t* sur toute la hauteur intérieure de la boîte proprement dite D″. Cette enveloppe est fixée d'une part à la partie conique inférieure qui termine le vase en cuivre *g*, vissé au centre du couvercle B, et de l'autre, à la partie conique qui surmonte la virole *v* fixée dans l'épaisseur du couvercle A.

On voit alors que si, à l'aide d'une petite pompe foulante, à laquelle on fait communiquer le tube *q*, qui est retenu contre la partie latérale de la boîte par le bouchon à vis *s*, si, disons-nous, on fait refouler de l'huile dans l'intérieur de cette dernière, la pression du liquide agissant sur toute la surface extérieure du tissu, le force nécessairement à prendre la forme indiquée fig. 14, et à s'appliquer vers le milieu sur toute la circonférence de la tige, qui est ainsi serrée d'une manière permanente, tout en étant

guidée par la virole *v* et la partie inférieure du vase *g*. De cette sorte on n'a pas besoin d'arrêter la machine, lorsqu'on veut serrer la garniture, c'est-à-dire augmenter l'adhérence de l'enveloppe sur la tige; il suffit de faire fonctionner la petite pompe qui amène l'huile dans la boîte.

Garnitures en cuir (fig. 15 et 16). — Pour les tiges de pistons, dont les corps de pompes sont appelés à fonctionner avec de l'eau agissant à des pressions plus ou moins considérables, on emploie généralement des garnitures en cuir que la pression même de l'eau fait serrer sur tout le pourtour de la tige. Dans les pompes d'injection, par exemple, comme celles destinées à fouler l'eau dans les presses hydrauliques ou dans les chaudières, dont on veut connaître la résistance, la disposition généralement adoptée est celle représentée sur la coupe fig. 15.

Elle consiste dans l'application de deux bagues ou viroles en cuir embouti *c*, séparées par une rondelle en métal *r*, et terminées par des rebords arrondis qui, par la pression même du liquide entraîné dans le mouvement de la tige, forcent naturellement ces bagues à s'appliquer contre la surface de celle-ci. La bague inférieure est ajustée dans la boîte D″, qui le plus souvent n'est que le prolongement du corps de pompe, comme la tige elle-même ne fait qu'un avec le piston, et la bague supérieure est ajustée dans le bouchon en cuivre B, qui se visse sur le sommet de la boîte, et comprime les bords coudés, formant embases, des deux cuirs.

Garnitures de presses hydrauliques (fig. 16 et 17). — Nous avons déjà fait voir, en décrivant, dans les IVe et Ve volumes de ce Recueil, divers systèmes de presses hydrauliques, le mode de garnitures généralement employées pour empêcher l'eau qui y arrive, à une très-grande pression, de s'échapper au dehors par le joint de la tige et du couvercle qu'elle traverse.

Cette garniture n'est autre qu'un cuir embouti *c*, recourbé sur lui-même comme pour former deux bagues et arrondi par ses bords; la paroi intérieure de ce cuir ou la bague la plus petite présente une surface cylindrique qui s'applique sur toute la circonférence de la tige, sans empêcher celle-ci de glisser ou de marcher suivant l'axe du cylindre. Sa paroi ou bague extérieure est également cylindrique et coïncide avec le pourtour de l'excavation annulaire pratiquée dans l'intérieur même du couvercle.

Il résulte de cette disposition, qui est due au célèbre Bramah, que, si une portion de l'eau, refoulée dans le corps de pompe, pénètre en passant autour de la tige jusque dans l'évidement annulaire du couvercle, elle se loge entre les deux cercles du cuir embouti et tend constamment à les écarter. Par conséquent, plus la pression est grande, plus la bague intérieure tend à s'appuyer sur la tige, et de même plus la bague extérieure s'applique contre la paroi verticale de l'évidement. On peut dire avec assurance que c'est l'application de ce mode de garniture qui a fait réussir les presses hydrauliques imaginées par Pascal, et qui sont aujourd'hui d'un si grand usage dans une foule de branches d'industrie.

GARNITURES MÉTALLIQUES.

Plusieurs constructeurs mécaniciens, voulant éviter l'entretien des garnitures de chanvre ou des boîtes à étoupes proprement dites, ont imaginé de faire des garnitures métalliques autour de la tige, comme déjà on en a appliqué depuis longtemps sur les pistons à vapeur des machines à haute et à moyenne pression.

Ce genre de garnitures, qui est sans contredit plus compliqué, a surtout l'avantage de s'appliquer partout où les étoupes, par l'effet d'une température élevée, seraient susceptibles de se sécher et de se détériorer rapidement.

Pour les machines à air chaud, comme pour les appareils à vapeur sèche ou surchauffée, nous conseillons un tel système qui est évidemment avantageux.

Système de M. Meyer (fig. 18 et 19). — La disposition adoptée il y a déjà plusieurs années par M. Meyer dans ses machines à haute pression, construites à Mulhouse, se compose d'une boîte en fonte A, fondue avec le couvercle du cylindre, et fermée à sa partie supérieure par un plateau à douille B traversé par la tige du piston.

Les organes qui constituent la garniture proprement dite, consistent en deux bagues de bronze ou d'acier *b*, placées l'une au-dessus de l'autre, et percées à leur centre pour le passage de la tige *d*, contre laquelle elles sont d'ailleurs poussées, en sens inverse, par deux ressorts méplats *r*; ceux-ci s'appliquent, par leurs extrémités, contre la paroi verticale des entailles ménagées aux deux côtés opposés de la boîte, et taraudées au milieu sur les boutons *c*, fixés à la circonférence de chacun des deux cercles.

La pression ayant lieu, comme on le voit, dans deux sens diamétralement opposés, la tige n'éprouve aucune contrariété dans sa marche rectiligne, et l'usure est égale des deux côtés. Ces bagues sont aussi appuyées à joints contre la base inférieure du plateau B, par un troisième ressort *r'*, qui prend son point d'appui sur le fond de la boîte; dans de certains cas et particulièrement pour les grosses tiges, on applique jusqu'à trois et même quatre bagues superposées.

Garnitures métalliques de M. Alexander (fig. 20 et 21). — Ce constructeur, qui est actuellement en Espagne, a exécuté un grand nombre de machines à vapeur de différentes forces et en particulier des appareils à deux cylindres superposés dont les deux pistons sont réunis par une seule et même tige. La boîte principale se trouvant entre les deux cylindres, où une garniture d'étoupes n'aurait pas pu être visitée et entretenue avec facilité, M. Alexander a imaginé de la garnir avec quatre coussinets en acier *c* et *c'*, dont les joints sont opposés l'un à l'autre; comme précédemment, ces deux étages de coussinets sont poussés contre la tige *d* par des ressorts méplats *r*, et ils sont en outre guidés par les disques circulaires *i* et *i'* qui sont ajustés avec soin dans l'intérieur de la boîte et logés entre le

plateau B qui sert de couvercle et celui inférieur E, lequel est fondu avec une douille conique pour former joint sur le fond de la boîte. Ce système est réuni par 4 boulons que l'on serre à un degré convenable pour ne pas gêner le coussinet.

GARNITURES DE MACHINES SOUFFLANTES PAR M. FARCOT (fig. 22 et 23). — On a déjà remarqué dans le dessin de la machine soufflante horizontale de MM. Thomas et Laurens, publiée dans le tome VIIIe, et exécutée par M. Farcot, la disposition de garniture métallique appliquée autour de la tige du piston à air; elle consiste simplement en plusieurs demi-rondelles *b* qui laissent entre elles une partie évidée sur une moitié de la circonférence de la tige, et qui reposent sur un coussinet en bronze *e* que l'on serre d'ailleurs au degré convenable par la clavette méplate *a*. Au fond de la boîte A dans laquelle se loge tout le système, est une couche d'étoupe qui se trouve comprimée au degré convenable quand on serre le couvercle B qui ferme cette boite.

PROCÉDÉ DE DÉSINCRUSTATION DES CHAUDIÈRES,

PAR M. POLONCEAU.

Il est bien connu des praticiens combien les divers procédés proposés jusqu'à ce jour, pour prévenir l'incrustation des générateurs à vapeur, présentent de difficultés et d'inconvénients. D'un autre côté, on n'est pas plus avancé sur les moyens de désincruster soit les parois des chaudières, soit sur la surface des tubes.

M. Polonceau a imaginé, dans le but de combler cette lacune, un procédé pour lequel il a obtenu un brevet d'invention de 15 ans et qui consiste dans l'emploi alternatif des acides (et en particulier de l'acide chlorhydrique) et des carbonates alcalins.

Les incrustations qui se forment en général dans les générateurs se composent principalement de carbonate de chaux et de sulfate de chaux. Or, le sulfate de chaux empêche la dissolution du carbonate de chaux dans l'acide chlorhydrique.

L'auteur traite par le carbonate de soude, en faisant bouillir l'eau dans laquelle on le précipite, pendant 12 à 15 heures consécutives; le sulfate de chaux en présence de ce carbonate de soude se décompose, et il se forme, par cela même, du sulfate de soude qui est soluble dans l'eau, et du carbonate de chaux que l'on arrive facilement à dissoudre par un acide tel que l'acide hydrochlorique.

L'alumine, la silice, quelquefois le phosphate de chaux qui se trouvent aussi en petites quantités dans les couches d'incrustation, se transforment respectivement par l'action du carbonate de soude, en aluminate, en silicate, en phosphate de soude, toutes matières solubles.

Le procédé simple de M. Polonceau évite le démontage difficile des générateurs et réduit à 100 fr. environ, de matière et de main-d'œuvre, le nettoyage d'une chaudière de locomotive qui est sans contredit le générateur à vapeur le plus difficile à désincruster. Pour une chaudière pareille, il faut environ 25 à 30 kilogrammes de carbonate de soude et 100 à 120 kilogrammes d'acide hydrochlorique.

USINE A RIZ.

APPAREILS

PROPRES AU NETTOYAGE, DÉCORTICAGE ET POLISSAGE DU RIZ

Établis par **M. BOYER**, Ingénieur.

(PLANCHES 4 ET 5.)

De tous les aliments, le riz est le plus sain et le plus économique : quand il est moulu et mélangé avec la farine de blé, il rend le pain plus blanc et lui donne plus de saveur et un goût très-agréable ; quand il est décortiqué et qu'on le fait cuire en grains, on en fait des potages, des gâteaux qui sont extrêmement nutritifs.

Pour la panification on fait entrer de 1 à 2 kilog. de riz dans 8 à 10 kilog. de farine; seulement, afin de lui faire produire tout le bon effet qu'on doit en tirer, il est bon de le faire cuire au moins pendant deux heures; comme farineux, il est d'une nature très-sèche et compacte, aussi 1/2 kilog. de riz absorbe en cuisant jusqu'à quatre litres d'eau. Il se développe donc, comme on le voit, d'une manière prodigieuse. Le riz ainsi préparé ne se met dans la farine qu'au moment même où l'on pétrit. Il est préférable de le délayer dans l'eau chaude avant d'en faire le mélange ; en tout cas, il est essentiel que l'eau dans laquelle on le verse conserve avec lui le degré de chaleur qu'elle doit avoir quand on la met dans le levain.

C'est surtout employé en potage ou en bouillies que le riz devient une ressource précieuse lorsque les blés sont chers, aussi un grand nombre de familles ont déjà pris l'habitude d'en faire un repas ou deux par jour. Un ménage composé de sept à huit personnes peut souper avec 1/2 kilog. de riz arrangé en potage avec du lait, du bouillon, du beurre ou de la graisse. Quelquefois on y ajoute des légumes.

On ne saurait trop recommander et populariser l'usage du riz, d'abord parce que c'est un aliment très-sain dont on peut faire usage en tout temps, et dans toutes les conditions de fortune, ensuite parce qu'il procure le moyen de traverser les moments de crise et les pénuries de vivres. Combien de familles, en effet, qui auraient recours au riz, pourraient se

ménager des ressources précieuses et s'épargner peut-être de cruelles privations !

Le traitement du riz tel qu'il est livré à la consommation est sans contredit l'une des exploitations les plus importantes et les plus lucratives ; il est vrai de dire que pendant longtemps cette industrie, éloignée de tout centre manufacturier, a fait peu de progrès, et c'est en voyant la perfection des produits de certaines localités que des fabricants bien inspirés ont monté des établissements spéciaux dans plusieurs de nos ports de mer, comme à Bordeaux, au Havre, à Marseille, etc.

Jusqu'ici ces usines n'ont pas été accessibles même pour les plus simples amateurs ; par cela même qu'elles sont d'un grand rapport et que les appareils spéciaux qui y sont en usage sont peu répandus, leurs propriétaires les tiennent cachés le plus possible, et c'est avec beaucoup de peine qu'une personne d'ailleurs bien recommandée peut obtenir la faveur de pénétrer dans l'enceinte des manipulations. On vous fait voir avec un certain orgueil, d'un côté les produits obtenus, et de l'autre les matières premières, telles qu'elles arrivent du Brésil ou d'autres contrées, afin de vous montrer l'énorme différence qui existe entre elles et leurs produits. On vous permet quelquefois d'examiner aussi le moteur, qui est le plus ordinairement, soit une machine à vapeur, soit une roue hydraulique d'une assez grande puissance. Nous-même nous avons eu l'occasion de faire pour une rizerie importante d'Amsterdam un moteur hydraulique qui ne devait pas avoir moins de 60 chevaux de force.

Il y a peu de personnes en France, comme ingénieurs ou comme mécaniciens, qui se soient occupées de la construction des machines propres au traitement ou à la préparation du riz ; il faut avoir été dans les lieux mêmes de production pour bien connaître les difficultés que présente cette denrée, non-seulement dans les diverses opérations du décorticage ou brisure de la balle qui enveloppe le grain, de son nettoyage proprement dit, de son polissage, mais encore dans les différentes variétés de ce produit, qui suivant son degré de maturité, le terrain plus ou moins humide d'où il est tiré, exige de modifier le travail auquel il doit être soumis, car alors l'enveloppe est plus ou moins dure et offre plus ou moins d'adhérence au noyau.

M. Boyer, qui a séjourné pendant près de quinze années dans le nord du Brésil, puis dans la Guyane française, a pu suivre avec fruit toute la culture du riz et en même temps les opérations successives qu'on lui fait subir. Déjà nous avons publié, dans le tome IIIe du *Génie industriel*, une notice fort intéressante qu'il a bien voulu nous communiquer sur la culture et la préparation du riz. Sur ses propres documents il nous a été permis de faire les dessins d'exécution d'une rizerie complète avec les derniers perfectionnements qu'il a su apporter dans la construction des principaux appareils. Nous sommes persuadé que ces dessins seront vus avec beaucoup d'intérêt, parce qu'ils font connaître d'une manière précise une belle industrie qui, nous n'en doutons pas, doit se répandre non-seulement en France, mais

encore dans toutes les contrées de l'Europe. Nous serions heureux pour notre part d'avoir pu coopérer à la faire connaître, convaincu comme nous le sommes qu'elle doit y rendre de grands services.

DESCRIPTION DE L'USINE A RIZ ET DES DIVERS APPAREILS REPRÉSENTÉS SUR LES PLANCHES 4 ET 5.

Nous avons jugé convenable de réunir dans la même usine les deux systèmes qui sont le plus généralement adoptés dans le travail du riz, bien que souvent les établissements fondés dans les localités où se récoltent ce produit, n'adoptent que l'un ou l'autre de ces deux procédés.

La fabrique que nous décrivons est conçue de telle sorte qu'elle est d'une dimension suffisante à une grande exploitation, et comme d'ailleurs elle peut être installée dans les ports de l'Europe où l'on reçoit des riz de différents endroits, exigeant par suite, tantôt l'un ou l'autre système décrit, nous croyons devoir en présenter l'application simultanée.

Quant aux établissements qui seraient créés dans les localités mêmes où se récolte le riz, la qualité moyenne de ce dernier devra déterminer le choix des organes à employer.

Partout où le riz est exposé à une température constante, sans alternative sensible soit d'humidité et de sécheresse, soit de froid et de chaleur excessive, soit qu'il se trouve éloigné des pluies torrentielles des lieux voisins de l'équateur, un système de cardes, aidé parfois d'une nettoyeuse dont nous donnons le dessin, sera suffisant.

Mais toutes les fois que l'on aura à travailler des riz de la Guyane française ou du nord du Brésil, le système de pilons devient indispensable. Tout riz qui a reçu l'action d'un soleil ardent, succédant à de longues pluies, est généralement atteint de taches noires, piqûres des insectes engendrés lors de la cessation des pluies; pour ces qualités, il faut l'action du pilon.

Ces considérations doivent présider au choix à établir dans telle ou telle localité.

Ensemble de l'usine (planche 4) — Les figures 1re et 2 du dessin pl. 4, représentent en coupe longitudinale et en section transversale, un ensemble dans lequel nous supposons que le moteur, comme cela a lieu le plus généralement, est une roue hydraulique d'une force de 24 à 25 chevaux effectifs. L'arbre A de cette roue (fig. 1re) porte un engrenage à dentures extérieures B, qui commande un pignon droit C monté sur un arbre de couche intermédiaire *a*, comme dans les moulins à blé, qui transmet, à l'aide de roues d'angle D convenablement combinées, à l'arbre vertical *b*, qui s'élève jusqu'au dernier plancher, le mouvement nécessaire pour communiquer les vitesses convenables aux divers appareils placés dans chacun des étages de l'établissement.

On sait que les dimensions des engrenages sont en raison de la vitesse moyenne fournie par la roue hydraulique; nous admettons une vitesse de 5 à 6 tours par minute dans le projet qui nous occupe.

Choix du moteur. — M. Boyer observe que « le choix du moteur est très-important dans le travail du riz; il faut une grande régularité de mouvement; on doit donc exclure les moulins à manége et les moulins à vent qui, sujets à des efforts inégaux, arrivent difficilement à une régularité constante.

« La vapeur est, sans contredit, le meilleur moteur à adopter; mais, comme le riz croît dans les terres basses, on a jusqu'à ce jour adopté par économie des moteurs hydrauliques. Cependant, si l'on était à même de faire un choix, il ne faut pas hésiter à adopter une bonne machine à vapeur, et particulièrement une machine à condensation à détente, avec un volant puissant.

« Nous avons eu occasion dans notre long séjour au Brésil, ajoute encore M. Boyer, de voir fonctionner comparativement les trois systèmes de moteurs, principalement dans la province de Maranhâo, où trois usines importantes fonctionnent.

« Celle mue par deux machines à vapeur de la force de 12 chevaux, obtient la préférence pour les produits, sur ses deux concurrentes, dont l'une marche par une prise faite sur la marée qui produit une force d'environ 25 chevaux, et la troisième, animée par un moulin à vent, convenablement installé.

« L'examen comparatif des riz de ces trois établissements est une preuve de ce que j'avance; les riz à la vapeur, comme disent les gens du pays, sont égaux en volume, luisants et presque diaphanes.

« Les riz de l'usine à eau sont irréguliers, lustrés par place, et parfois fortement brisés (1); ceux du moulin à vent bien inférieurs et ternes.

« On peut facilement conclure de l'excellence d'une machine à vapeur pour le travail du riz; d'ailleurs, l'action qui se produit sur la balle du grain est, dans tous les appareils, facile à résumer : froissement et échappement aux appareils par la force centrifuge. L'inégalité de vitesse qui engendrera ces deux forces frappera les grains d'un travail irrégulier, et de là mélange des qualités. Or le commerce est exigeant dans son choix comme dans son appréciation pour fixer une valeur réelle à un produit, il faut qu'il soit uniforme, constant, et que ses qualités invariables établissent les différences de cours; ce n'est qu'à l'aide de moyens mécaniques précis et réguliers dans leur marche qu'on obtient ces résultats.

« Qu'on nous pardonne ces réflexions; appelés par notre isolement loin des centres industriels, nous avons dû souvent entrer dans de telles considérations, lorsque nous pénétrions dans les diverses usines où l'on voulait

(1) Nous ne sommes pas tout à fait de l'avis de M. Boyer, quant au moteur hydraulique appliqué à une usine à riz; nous sommes convaincu que lorsque celui-ci est bien établi, il donne un mouvement très-régulier, et que les résultats doivent être aussi parfaits que quand le moteur est une machine à vapeur bien construite, si les appareils employés sont également exécutés dans les mêmes conditions. L'infériorité des produits qu'il a observés dans l'usine hydraulique peut tenir plutôt à ce que la roue motrice était mal faite, comme cela a lieu encore dans d'anciens établissements.

bien prendre nos conseils, nous croyons utile de les reproduire toutes les fois que nous nous adressons aux personnes qui s'occupent d'industrie. »

NETTOYAGE ET MOULINS. — La première opération que l'on fait subir au riz, lorsqu'il est arrivé à l'usine, est le *nettoyage* qui a pour objet, comme dans les moulins à farine, d'enlever les pailles légères, la poussière et autres matières étrangères.

A cet effet, le riz monté dans les étages supérieurs à l'aide d'un treuil ou tire-sacs, désigné en E sur l'élévation (fig. 1re), placé sur le dernier plancher de l'édifice est versé dans une grande trémie F de la partie inférieure de laquelle il est pris et relevé par une chaîne à godets G jusque sur l'émoteur H. De ce dernier il tombe, après en avoir enlevé la paille et la terre, dans la partie supérieure du tarare ou cylindre vertical I, disposé exactement, dans les projets adoptés par M. Boyer, comme celui que nous avons publié dans le Ier volume pour le nettoyage des blés. Cet appareil, auquel cet ingénieur donne la préférence, est lui-même accompagné d'un cribleur J qui sépare les petites graines.

Après cette première opération, le riz tombe dans la seconde trémie K qui est destinée à alimenter les meules. A la base de cette trémie, que nous supposons de forme conique, comme étant la plus convenable, s'adaptent les tuyaux en cuivre ou en zinc *c*, munis de soupapes et versant dans les engreneurs ou distributeurs *d*, qui reposent sur des traverses et supports en fonte, au-dessus des archures *e* des meules. Celles-ci ont habituellement 1m30 de diamètre extérieur et sont disposées absolument comme celles à blé dites à l'anglaise. Il est important cependant de faire cette remarque qui doit guider dans la préparation des meules, c'est que l'action qu'on leur donne pour le riz est toute différente de celle qui doit réduire le blé en farine : car le riz, au contraire, doit sortir entier : tout grain brisé est un déchet considérable qu'il faut éviter.

Les meules doivent donc avoir le grain assez rude pour *user* la paille ou enveloppe de la balle et respecter celle-ci dans sa forme. L'expérience, la pratique peut seule enseigner le bon dressage des meules. Leur vitesse de rotation est plus considérable que celle des meules à blé; au lieu de 115 à 120 tours, elle s'élève parfois à 180 et même 200 révolutions par minute. Du reste, le mouvement leur est communiqué de la même manière, soit par des engrenages, en rapportant sur la première partie de l'arbre vertical *b*, une roue horizontale *f*, qui commande à la fois les divers pignons droits *g*, montés sur les fers, soit par des poulies et des courroies avec des tendeurs qui permettent d'arrêter ou de mettre en marche chaque paire de meules indépendamment l'une de l'autre.

On voit donc que, jusqu'ici, le système a la plus parfaite analogie avec les moulins à blé à l'anglaise : les opérations et les appareils sont absolument les mêmes.

Au sortir des meules, le riz non brisé reçoit l'action d'un ventilateur qui en détache la poudre ou la farine provenant des grains qui ont été broyés,

et passe soit aux pilons, soit aux cardes. C'est réellement à partir de ce moment que le travail commence à différer de celui des moulins à farine. Nous avons fait voir plus haut dans quel cas l'on applique de préférence les cardes ou les pilons; ces deux genres d'appareils ont été indiqués sur les plans d'ensemble et de détails, afin de les faire également bien comprendre.

DES PILONS. — Le riz ventilé est élevé dans la petite trémie L qui, à sa base, est fermée par des soupapes afin de permettre l'admission intermittente du grain dans les pots ou mortiers en fonte M, à forme sphéroïdale.

Les pilons, proprement dits *h*, qui doivent frapper le riz sans l'écraser, et uniquement pour faire exercer au grain un frottement énergique de l'un à l'autre et de l'un par l'autre, ne doivent pas être trop lourds.

Les fig. 3 et 4 du dessin, pl. 5, montrent bien en élévation et en coupe verticale la disposition de ces appareils qui sont beaucoup supérieurs aux anciens cônes tronqués des premiers moulins.

La forme sphéroïdale donnée à l'intérieur des pots de fonte, oblige le riz à revenir de lui-même se représenter à l'action du pilon *h*, après qu'il s'en est échappé, jusqu'à ce qu'on lui permette de sortir par une valve ou registre horizontal en fer *i* (fig. 4 et 5) qui est muni d'une poignée et ajusté entre le fond du pot et le siége en fonte qui l'élève au-dessus du sol.

Chacun des pilons est soulevé par un jeu de cames *k* (fig. 1re), disposées, comme dans les moulins à tan, sur un même arbre horizontal.

Lorsqu'on juge que l'opération du pilonage est suffisamment avancée, on ouvre le registre *i* et le grain s'écoule par le conduit incliné *j* dans des paniers *l*; on déverse alors les paniers, à mesure qu'ils sont pleins, dans l'auge inférieure N où plonge la base d'un élévateur, ou de la chaîne sans fin O, qui doit le remonter jusqu'au dernier étage dans l'espèce de tarare ou ventilateur P.

Les pilons ont donc pour objet, comme on le voit, de déterminer un frôlement énergique auquel résiste seul le grain qui est sain, tandis que le grain avarié et creux est brisé par le choc.

Dans quelques établissements les pots déversent le riz directement sur un plan incliné que l'on fait aboutir à la noria qui doit élever le riz. M. Boyer préfère le transport à la main, parce que le travail des pilons ne pouvant avoir lieu que par intermittence, c'est-à-dire durant le temps nécessaire au nettoyage d'une charge de chaque pot de riz, il n'y a point d'inconvénient ni de perte de temps à le recevoir dans des paniers qui permettent à l'ouvrier d'examiner de plus près le résultat obtenu et de restituer aux pilons le grain qui serait sorti incomplet.

DES NETTOYEUSES. — Du ventilateur P le riz se rend directement à la tête des nettoyeuses Q. Ces appareils n'ont pas de rapport avec ceux qui sont destinés à effectuer la première opération dite de nettoyage, comme on peut en juger par les fig. 6, 7 et 8 (pl. 5). Ils ont plutôt quelque rapport avec les anciens blutoirs à brosses que l'on a appliqués, il y a des années, pour bluter les farines.

Ils se composent d'un cylindre en tôle piquée Q. à bavure intérieure, ou à tôle crevée, comme les tambours à râpe, et dans lequel se meut un axe oblique *m*. armé de deux croisillons en fonte *n*, qui portent sur trois de leurs branches des brosses droites *o*, garnies de crins sur toute leur longueur, et sur les trois autres intermédiaires des cuirs *o'*, dont le bord extérieur frotte, comme les poils des brosses, sur la paroi intérieure du tambour. Dans le mouvement rapide de rotation imprimé à l'arbre incliné *m*, les cuirs entraînent le riz et le forcent à parcourir un grand nombre de spires, pendant que les brosses le froissent en le mettant en contact avec la tôle piquée qui, par ses bavures saillantes, use le reste de l'*épiderme* du grain, partie terne qui a échappé aux frottements successifs précédents, et que cet appareil seul arrive à détruire complètement.

On ne prescrit point d'une manière absolue le nombre de tours à donner à l'arbre du cylindre. Il est bon de remarquer que les différentes qualités du riz, récolté à diverses époques, ou de différents âges, demandent plus ou moins de travail dans la nettoyeuse. Or, M. Boyer croit avoir suffisamment atteint ce but en rendant variable l'inclinaison du cylindre, qui retarde ou prolonge ainsi le séjour du riz dans l'appareil. Le changement de diamètre de la poulie qui commande celle *p* (fig. 7), placée sur l'arbre de couche en fer *q*, permet du reste un travail plus ou moins complet.

Cette poulie motrice est accompagnée d'une poulie folle *p'*, pour arrêter quand il est nécessaire: leur axe *q* porte une roue d'angle *r* qui engrène avec une autre semblable *r'*, rapportée sur le bout de l'axe des croisillons. Or, quelle que soit la variation donnée à l'inclinaison de cet axe, ces deux roues restent toujours engrenées, car on a justement disposé le châssis ou cadre en bois Q', qui porte les paliers, et sur lequel repose en même temps le tambour Q, de manière à pivoter autour du sommet de leur denture, c'est-à-dire à la rencontre des deux lignes d'axe. C'est ce que l'on obtient par les secteurs à coulisses *ss'*, fixés au bâti R, dans lesquels passent les boulons à écrous qui retiennent ce cadre dans la position voulue.

Ce sont ces nettoyeuses qui remplacent les cardes américaines avec avantage lorsqu'on emploie des pilons.

M. Boyer en recommande fortement l'application. On comprend sans doute qu'il est important de les garnir de tôles piquées, dont les bavures intérieures soient bien égales pour ménager les brosses et les cuirs. A cet effet M. Boyer a fait exécuter une machine à percer à mouvement héliçoïdal qui remplit parfaitement le but. Cette machine a beaucoup d'analogie avec celles qui sont employées pour crever la tôle des appareils de nettoyage.

Des Polissoirs. — Après cette opération il en reste encore deux autres à effectuer pour terminer le traitement du riz. Ce sont celles du polissage et du triage. Le but des polissoirs est de donner au grain le lustre et le poli si recherché du commerce; ici il ne s'agit plus d'user la surface, mais plutôt de la dépouiller de la folle farine et de détacher les particules peu adhérentes qui peuvent rester à la balle; il faut donc employer non plus

des substances dures et rugueuses, mais au contraire des surfaces douces et élastiques, comme la peau de daim ou la peau de mouton, ou bien encore le liége. Les fig. 9 et 10 du dessin, pl. 5, montrent l'un de ces appareils en coupe verticale et horizontale. On voit qu'il se compose d'un cône tronqué fixe S, garni de toile métallique montée sur des baguettes et des cercles en bois. Dans ce tronc de cône se meut un tambour également conique T, en bois mince, armé intérieurement de croisillons à plusieurs branches, pour se monter sur un arbre vertical en fer *t*, qui se prolonge au-dessus, afin de recevoir sa commande par une paire de roues d'angle *u* et un arbre horizontal *v*. Ce tambour est garni, sur toute sa surface extérieure, d'une peau de daim. Sa vitesse de rotation doit être bien considérable, pour agir avec énergie et très-rapidement.

Du trieur ou séparateur. — Des polissoirs, le riz tombe, par un conduit incliné *x*, dans une sorte d'auge ou de distributeur U (fig. 1 et 2), et passe enfin au séparateur ou au trieur proprement dit V, lequel a pour but de séparer les grains brisés de ceux qui se sont conservés entiers.

Cet appareil, qui nous a paru être suffisamment indiqué par les vues d'ensemble, se compose d'un prisme incliné à 6 ou 8 pans, en toile métallique de différents numéros, qui laissent échapper successivement les grains entiers et les grains brisés, de manière à en effectuer le triage exact.

Nous insistons peu sur la construction de ce genre d'appareils qui offrent une ressemblance parfaite avec les cribleurs à pans ou les corps de bluteries en usage dans la meunerie. Le cylindre ou prisme est monté sur un axe en fer ou en bois, commandé extérieurement, et tourne avec une vitesse qui ne dépasse guère 30 à 32 révolutions par minute.

Après cette dernière opération, le riz, dont le grain s'est conservé entier, tombe dans des conduits ou poches *y*, qui l'amènent à des sacs en toile *z* pour être expédié. Les riz brisés sont ensachés à part, comme ayant beaucoup moins de valeur.

Observation. —Dans une usine à riz le choix d'un habile contre-maître est important, car c'est de la rapidité de son coup d'œil, de la justesse de son appréciation, que doit dépendre, soit l'inclinaison des cylindres ou des nettoyeuses pour telle ou telle qualité, soit encore la vitesse à donner aux polissoirs dont nous avons parlé.

Deuxième système dit a cardes. — Nous avons dit que dans quelques usines on emploie les cardes préférablement aux pilons. On en voit l'application dans l'ensemble de l'usine représentée à gauche de la fig. 1re. Peu de mots compléteront ce que nous avons à dire sur ce second système.

Au sortir des meules le riz tombant dans l'auge à ventilateur X est remonté par l'élévateur Y dans une grande trémie ou réservoir Z, d'où il se dirige sous les cardes M', représentées en détail (fig. 11 et 12).

Ces cardes se composent de deux plateaux en bois M', garnis de pointes obliques, fig. 13, ou de pointes coudées, fig. 14, que l'on fixe sur des cuirs, à peu près comme dans les cardes ordinaires. L'un des plateaux, celui inférieur, est immobile, assujetti sur un croisillon de fonte N', porté par

trois ou quatre colonnes L′ ; l'autre, celui supérieur, est mobile, adapté de même à un croisillon en fonte N^2, mais qui est fixé par son centre sur un arbre vertical *a′*, lequel porte un pignon d'angle *b′*, commandé par une roue plus grande *c′*; cette dernière est montée sur un arbre de couche *d′* qui reçoit et lui transmet une vitesse de rotation convenable pour que le plateau tourne au moins à 150 révolutions par minute.

Les plateaux sont entièrement renfermés dans une grande enveloppe ou chemise en tôle K′, laquelle est surmontée à son centre d'un engreneur *e′*, que l'on exécute de la même manière que dans les moulins à blé, pour régler la distribution aussi exactement qu'on le juge nécessaire.

Le riz qui passe entre les dents de ces deux plateaux est fortement froissé, et sa pellicule est enlevée comme dans les nettoyeuses.

Après cette opération de cardage il reçoit l'action d'un ventilateur P′, auquel il est amené de même par une chaîne à godets O′, et de là tombe dans le polissoir S′, comme précédemment, puis enfin descend par le conduit U′ dans le trieur ou séparateur V′. Ces diverses opérations se suivent, sans aucune main d'œuvre, jusqu'à l'ensachage ou la mise en sacs.

Telles sont les manipulations différentes qui composent le travail ou le traitement du riz. Quelles que soient sa qualité, son origine, on peut dire qu'il est peu d'industries en France aujourd'hui susceptibles de donner d'aussi grands avantages que celle-ci. C'est ce dont on se convaincra facilement en comparant les prix du riz en paille avec celui du riz de consommateur, après l'*épluchage*.

PRODUIT D'UNE RIZERIE.

D'après les expériences faites au Brésil, M. Boyer a constaté que dans un travail suivi on obtient facilement par paire de meules et par jour 60 sacs de riz de première qualité, chaque sac pesant 60 kilog.

Les proportions des riz de deuxième ou troisième qualité sont variables selon la perfection des appareils, comme aussi selon la plus ou moins grande habileté des conducteurs de l'usine. Cette moyenne a été obtenue dans des fabriques mal montées et mal desservies par des nègres, aussi M. Boyer assure que ce n'est pas exagérer d'admettre qu'en Europe, avec des appareils montés comme ceux que nous venons de décrire, on arrive à produire 100 sacs de 100 kilog. par 24 heures.

Mais d'ailleurs en supposant qu'avec un moulin de deux paires de meules on ne produise seulement que 6 mille kilog. par jour, on aurait encore un très-joli bénéfice, car lors même qu'on ferait élever les dépenses d'entretien et de main-d'œuvre journalières à 50 fr., y compris les intérêts de l'usine comptés à 10 p. 0/0, comme dans l'Inde on fait payer 2 fr. 20 pour la décortication de 100 kilog. de riz, on voit que le bénéfice net serait de plus de 80 fr. par jour.

Les appareils qui accompagnent les meules doivent être nécessairement en proportion avec le nombre de paires de ces dernières, c'est-à-dire en raison de la quantité de produits à obtenir dans un temps donné. Ainsi on

estime généralement que pour un moulin de deux paires de meules, lorsque l'on emploie le premier système, celui des pilons, il faut, pour satisfaire au travail correspondant, quatre de ceux-ci, deux nettoyeuses, un tarare ventilateur, deux polissoirs et un trieur. Et pour l'application du second système il faut deux cardes, autant de polissoirs, un tarare ventilateur, et de même un trieur.

Dans l'un comme dans l'autre cas d'ailleurs, il faut toujours pour le nettoyage préalable, un émotteur, un cylindre vertical et un cribleur ; et en outre, afin de mettre directement les appareils en communication et éviter ainsi des frais de main-d'œuvre, appliquer, comme dans les moulins à blé, des élévateurs, un monte-sacs, des vis sans fin, etc.

On estime que la puissance nécessaire pour une telle usine doit être de 15 à 16 chevaux, lorsqu'on veut marcher largement et au besoin avec toute l'activité désirable. Le prix des appareils, de leur transmission de mouvement et des accessoires, toujours pour deux paires de meules, peut s'élever à 12,000 fr., sans y comprendre le moteur, qui peut être, selon les localités, comme nous l'avons dit, une machine à vapeur, une turbine ou une roue hydraulique.

L'ÉPURATEUR,

PRÉPARATION ÉCONOMIQUE DU COTON POUR FILATURE,

Par **M. A.-G. RISLER**, (de Cernay).

(Breveté en France, en Angleterre et dans tous les pays industriels.)

En attendant que nous donnions la description détaillée et le dessin exact de cette intéressante machine qui a pris rang aujourd'hui parmi les bons appareils de préparation dans les filatures de coton, nous croyons devoir transcrire la notice suivante qui montre les avantages que l'on peut en tirer dans cette importante branche de l'industrie française.

Il est généralement reconnu en filature de coton qu'après les passages successifs des batteurs, il faut encore deux cardages pour obtenir un bon fil ; mais ce double cardage, quoique utile, occasionne trop de frais et trop de déchets par le débourrage souvent répété des tambours et des chapeaux, déchet qui se compose, non-seulement des impuretés proprement dites, mais encore d'une partie de filaments de coton qui auraient très bien pu être utilisés.

L'épurateur modifie l'opération des batteurs et remplace les cardes en gros ; il emprunte à chacune de ces machines une partie de leurs éléments constitutifs, et fournit un résultat qui conserve aux filaments plus de nerf, plus de force, tout en diminuant le déchet d'une manière très-notable ; il supprime, de plus, le débourrage des chapeaux, opération pernicieuse à la santé des ouvriers et onéreuse au fabricant.

Le principe du nettoyage de l'épurateur est de séparer et d'éloigner les boutons et les impuretés du coton, au moyen de l'action de la force

centrifuge, par des brosses élastiques qui, malgré leur souplesse, acquièrent, par la vitesse de leur mouvement, suffisamment d'énergie pour opérer le nettoyage avec une grande perfection, sans fatiguer le coton, vu qu'il s'en détache peu à la fois de l'alimentation, ce qui permet de l'atteindre par filaments isolés qui sont parallélisés aussitôt.

L'épurateur, par ses alimentations multipliées et sa construction solide, produit avec du coton très-ordinaire d'Amérique, en douze heures de travail, 90 à 100 kilog. de coton en nappe, parfaitement ouvert et épuré, surpassant le meilleur cardage en gros, la matière se trouvant mieux épurée et mieux dégagée de ses feuilles et des corps étrangers.

Ainsi il a été constaté :

1° Que les cardes en fin, alimentées par des nappes d'épurateurs, donnent un travail supérieur à celui produit par des nappes de cardes en gros.

2° Que le produit de l'épurateur donne plus de régularité dans le numéro du fil, au point que l'emploi des pignons de rechange est fort rare, ce qui provient de ce qu'il fournit le travail de quatre cardes, ne se débourre que deux fois par jour, et supprime le ruban supplémentaire qui s'ajoute ordinairement aux cardes pendant le débourrage des tambours et l'aiguisage.

Le déchet résultant des cardes en gros varie d'une filature à l'autre, en raison de la qualité du coton employé, et de la manière dont sont réglées les diverses machines préparatoires ; toutefois, il est constaté par les résultats qu'obtiennent des filatures qui emploient les épurateurs depuis deux et trois années, en remplacement des cardes en gros et du batteur éplucheur, que l'économie de déchet est de 4 1/2 à 5 pour 100 en nature pour le coton neuf, et de 8 à 9 pour 100 en filant des déchets. En ajoutant à cette économie celle des frais généraux et de la main-d'œuvre, il résulte une réduction de 6 à 8 centimes par kilogramme de filés, n°s 30/40. Ces résultats sont confirmés par les expériences très-minutieuses faites dans des filatures de premier ordre, qui tenaient à s'assurer des avantages qu'offre cette nouvelle machine, et qui ont adopté les épurateurs, tout en supprimant une partie de leurs batteurs. Pour les gros n°s 8 à 16, on peut porter la nappe de l'épurateur directement aux étirages, et pour les n°s 16 à 30, on peut avoir épurateur en gros et épurateur en fin. Plusieurs filateurs ont adopté ce système et s'en trouvent bien, parce qu'il en résulte naturellement une économie plus grande encore. Les cotons courts en soie, comme les Surate, Bengale, Chypre, Tinevelly, etc., se travaillent et se nettoient parfaitement à l'épurateur et avec avantage, car plus le coton est chargé et court, plus l'économie de déchet est en faveur de l'épurateur. La force motrice qu'absorbe l'épurateur est un peu moindre que la quantité de cardes qu'il remplace, soit les trois quarts de la force d'un cheval ; il ne faut pas perdre de vue l'économie de force par la suppression du batteur éplucheur, qui emploie trois chevaux pour deux volants.

Plus de 100 épurateurs fonctionnent actuellement en filature de coton et environ 70 sont encore commandés et en construction pour de nouvelles et anciennes filatures.

FORGES A FER.

UTILISATION

DES FLAMMES PERDUES DES FEUX D'AFFINERIE

AU RÉCHAUFFAGE DES FERS, CUIVRES ET AUTRES MÉTAUX,

Par **M. E. KARR**, Ingénieur à Paris.

RÉSULTATS OBTENUS A L'USINE DE PONTENS (Landes).

APPLICATION AU PUDDLAGE.

(PLANCHE 23, VOL. VIII.)

En publiant dans le VIIIe volume de ce Recueil l'ingénieux appareil imaginé par M. E. Karr, pour utiliser les flammes perdues d'affinerie, nous avons démontré les avantages qui peuvent résulter de l'application de ce système dans les usines à fer. Les beaux résultats constatés précédemment dans plusieurs forges montrent en effet toute l'économie de combustible que l'on obtient par cette application.

Ainsi, à l'usine de Pontens, qui appartient à la Compagnie des Landes, où, sur la décision de l'administrateur, M. de Challemaison, l'appareil de M. Karr a été introduit, les essais comparatifs observés très-exactement ont démontré :

1° Que les feux d'affinerie *découverts*, établis et fonctionnant à Pontens avant l'introduction du système E. Karr dans ces forges, donnaient les résultats moyens suivants, pour chaque pièce de forge chargée :

En fonte à . . .	85	kilogrammes.
En ferraille . . .	5	*id.*
Soit en matières brutes. .	90	kilogrammes.

Consommation en charbon de pin des Landes = 5 rasses 1/2 contenant chacune 110 litres, soit 605 litres.

Consommation en fonte : les 90 kilog. matières brutes ont rendu :

En pièce de fer cinglée. .	76k	soit 1185k de fonte pour produire 1000k de fer.		
En massiaux soudés. . .	65 50	soit 1375	*id.*	*id.*
En fers battus finis. . .	62 50	soit 1438	*id.*	*id.*

Le temps moyen pour la confection d'une pièce a été de trois heures dix minutes.

2° Que les feux d'affinerie, *couverts*, du système E. Karr, ont donné les résultats moyens suivants pour chaque pièce de forge chargée :

En fonte à . . .	85 kilogrammes.
En ferraille à . .	5 *id.*
Soit en matières brutes. .	90 kilogrammes.

Consommation en charbon de pins des Landes = 4 rasses 70, contenant chacune 110 litres, soit = 517 litres.

Consommation en fonte : les 90 kilog. matières brutes ont rendu :

En pièce de fer cinglée. .	78k	soit 1153k de fonte aux 1000k de fer.		
En massiaux soudés. . .	65 50	soit 1375	*id.*	*id.*
En fers battus finis. . .	63 50	soit 1414	*id.*	*id.*

Le temps moyen pour la confection d'une pièce a été de deux heures vingt minutes.

On voit que la différence notable est sur le charbon, puisque les feux primitifs consommaient 9 stères 40 pour 1000 kilog. de fer, tandis les feux nouveaux ne consomment que 8 stères pour la même production.

3° Que la qualité des fers produits est bonne et que la grande chaleur des feux d'affinerie, tout intérieure, n'incommode pas plus les ouvriers que les feux découverts ordinaires.

4° Que le four à réchauffer, alimenté par les flammes des feux d'affinerie dont les résultats précèdent, a permis, pendant la confection de chaque pièce de forge, de chauffer au blanc presque soudant et étirer aux cylindres, 400 kilog. de fers de tous échantillons en deux chaudes de 200 kilog. chacune ou 5 à 600 kilog. de fers à fendre, en massiaux préparés *ad hoc* et dont le poids pour chacun était de 10 à 15 kilog. en deux chaudes de 250 à 300 kilog.

5° Que le déchet moyen a été de 5 pour 100 kilog. de fers étirés ou fendus; mais il est à observer que ce déchet peut être considéré comme sensiblement moindre, par la raison que les laminoirs de Pontens ayant un mouvement très-lent, l'étirage de chaque chaude nécessite plus d'une demi-heure et oblige les fers, arrivés à leur plus haute température, à séjourner beaucoup trop longtemps dans le four.

6° Que les fers ayant été ainsi chauffés ne laissent rien à désirer dans leur confection ou leur qualité.

Ce four remplace donc avec beaucoup d'avantages le four à réverbère

en usage à Pontens jusqu'à l'introduction des nouveaux procédés et pour lequel four le combustible employé est la tourbe et le bois de pin : or, la dépense moyenne en combustible de ce four est de 62 fr. par chaque jour de travail, et cette dépense est entièrement économisée par le four du système E. Karr.

Les constructions et les fonctions de l'appareil ne laissant rien à désirer et dépassant même les résultats annoncés par M. Karr, il lui a été donné, à la suite du procès-verbal établissant les économies réalisées, une décharge définitive de cet appareil et de ses résultats, par M. l'administrateur et avec lui par son directeur et son chef de fabrications, qui ont assisté avec M. Karr aux essais comparatifs.

Un rapport de M. l'ingénieur, commissionné par M. Manès, ingénieur en chef des mines du département de la Gironde et qui a assisté pendant dix jours à la mise en activité de l'appareil E. Karr, construit à Pontens, constate de même :

1° Les perfectionnements et les économies de temps et de combustible réalisés par les nouveaux feux d'affinerie, qui sont de 1/6 du combustible et de cinquante minutes pour chaque pièce de forge.

2° Les résultats du four de réchauffage établissant que, pendant la confection de chaque pièce de forge, on a chauffé au blanc, presque soudant, 400 kilog. de massiaux, depuis les plus petits jusqu'au poids pour chacun de 35 à 40 kilog. ; que ces massiaux ont été étirés en fers de tous échantillons et que, parfaitement bleus au refroidissement, les fers, ainsi chauffés et étirés, ne laissent rien à désirer pour la confection ou la qualité.

Ce rapport se termine ainsi :

« J'ajouterai que, dans ma conviction, les résultats qui précèdent représentent une limite inférieure des avantages et de l'économie que l'appareil de M. Karr doit apporter dans l'usine de Pontens. Ils ont été en effet obtenus dans les circonstances les plus défavorables pour la nouvelle méthode, et M. Karr a eu à lutter, pendant toute la durée des essais, contre cette obstination systématique et très-souvent déloyale que déploie l'ouvrier, pour préserver la routine de l'envahissement du progrès : et ce sont les mêmes ouvriers, qui ont travaillé dans les anciens et les nouveaux feux, c'est-à-dire pour et contre M. Karr. Il ressort, de l'aveu même du propriétaire de l'usine, que les moyennes obtenues pendant ces essais, dans les anciens feux d'affinerie, dénotent une marche exceptionnelle, à laquelle les ouvriers ne voudraient sûrement pas s'astreindre ; et en admettant qu'ils aient opéré avec le même soin dans l'appareil de M. Karr, on peut prévoir que, lorsqu'ils seront familiarisés avec ce nouveau foyer, ils y obtiendront des résultats encore plus satisfaisants.

« Les constructions et fonctions de l'appareil établi à Pontens ne laissent donc rien à désirer et dépassent même les promesses de M. Karr.

« Je crois que cette invention sera accueillie avec faveur par les maîtres de forges, car, outre les économies qu'elle leur apporte, elle leur offre

l'avantage immense de supprimer la houille qui leur revient généralement fort cher et peut même faire défaut aux usines dont les approvisionnements dépendent de l'étranger. » L. BESSET DE LONAY.

FILAGE DE LA SOIE GRÈGE.

NOUVELLE PRÉPARATION DES COCONS.

Procédé de MM. ALCAN et LIMET.

MM. Alcan et Limet se sont fait breveter récemment pour un nouveau procédé de préparation des cocons dans le filage de la soie grège, dont l'application est faite aujourd'hui à Batignolles près Paris.

Le but de cet établissement est de vérifier pratiquement les avantages du système et de mettre les industriels qui voudraient l'expérimenter, à même de le faire sans aucuns frais ni dépense de leur part.

Voici le résumé des résultats importants qui ont été constatés d'une manière positive :

1° Concentration dans une seule main, quelle que soit l'importance d'un établissement de filage, de l'opération si délicate de la préparation ou cuisson des cocons, d'où résulte la régularité en quelque sorte mathématique de cette opération, une très-grande économie dans les frais de l'opération et l'uniformité parfaite dans les produits ;

2° Plus de battage ; suppression complète du balai dans la filature, et par conséquent plus de percés et moins de frison. Le ramassage des bouts s'opère avec la plus grande facilité ;

3° Rendement en soie nette de 10 p. 0/0 supérieur au rendement ordinaire ,

4° Soie sans duvet, plus régulière, plus brillante, plus élastique, plus nerveuse et ayant par conséquent une plus-value proportionnelle ;

5° Filant à une température au-dessous de celle en usage, il en résulte une économie de 50 p. 0/0 sur le combustible et de 20 p. 0/0 sur les frais de filage ;

6° Absence de buée et de vapeur, et par conséquent plus de collures ni de déchet, et possibilité de filer en toute saison, en tout pays, sans incommoder les ouvrières ; diminution notable des frais généraux ;

7° La préparation rendant toujours aux cocons leur forme primitive, on peut filer indistinctement et avec un égal succès les cocons indigènes ou ceux venant de l'étranger, lors même que ces derniers sont livrés par le commerce déformés et aplatis ;

8° Enfin l'emploi du procédé n'oblige à faire aucun changement au matériel existant dans une filature quelconque.

L'ensemble des avantages obtenus par l'application du système de MM. Alcan et Limet peut être chiffré en moyenne de 18 à 20 p. 0/0.

Par cette application, un établissement de 50 bassines, par exemple, pourrait produire, en travaillant toute l'année, pour 250,000 fr. de soie grège, sur lesquels 20 p. 0/0 réalisés font une somme de 50,000 fr.

Nous ne tarderons pas à publier les dessins et la description des appareils bien simples et fort ingénieux au moyen desquels MM. Alcan et Limet obtiennent ces remarquables résultats.

MACHINE A RABOTER

LES VOUSSOIRS DE PONTS EN FONTE,

Construite par **M. E. BOURDON**, Ingénieur-Mécanicien à Paris.

Pour **MM. ÉMILE MARTIN et Ce**, à Fourchambault.

(PLANCHE 6.)

M. Émile Martin, qui a entrepris la construction d'un grand nombre de ponts en fonte, a eu l'idée de dresser mécaniquement les faces de joints de chacun des voussoirs en fonte qui composent les arches de ces ponts, afin d'en rendre l'assemblage plus précis, le montage beaucoup plus facile, et en même temps de rendre tout le système parfaitement solidaire. Il voulut en outre, pour que l'opération soit complète et plus expéditive, que les deux faces fussent rabotées à la fois. Or ces faces n'étant pas parallèles puisqu'elles doivent être naturellement dirigées vers le centre des arcs de cercle qui forment le contour extérieur de chaque voussoir, il fallait nécessairement que les machines fussent disposées de telle sorte que le chariot mobile portant l'outil pût toujours prendre la direction voulue.

Ainsi, si on examine le voussoir en fonte A qui est représenté sur les fig. 1 et 2 du dessin, pl. 6 (1), on voit que pour raboter ses deux faces extrêmes en même temps il faut que les deux outils des machines à raboter marchent exactement suivant les lignes *a b* et *a' b'* qui ne sont autres que les rayons des arcs du voussoir. On place donc à cet effet celui-ci sur des tasseaux élevés B afin de l'assujétir par des boulons sur les plateaux en fonte C percés de trous carrés et rectangulaires sur toute leur étendue afin de permettre d'y fixer des pièces de différentes dimensions (2).

Ces plateaux sont dressés sur leur face supérieure et fondus avec le bâti en fonte D, que l'on éloigne de la quantité nécessaire et que l'on fixe au besoin sur le sol par des boulons. C'est sur chacun de ces bâtis que l'on

(1) Nous publierons prochainement les détails exacts et complets d'un pont en fonte, à plusieurs arches et à grandes portées, construit près de Nevers sous la direction de M. Boucaumont, ingénieur des ponts et chaussées, qui a bien voulu nous en communiquer les dessins d'exécution.

(2) Les dispositions du bâti et de l'ensemble de la machine ont été dessinées par M. Deben. Les dispositions de détail et les mouvements sont dus à M. Bourdon.

adapte tout le système des chariots mobiles et des porte-outils. On reconnaîtra facilement par les figures suivantes, comment M. Bourdon a résolu l'intéressant problème qui lui avait été proposé.

Nous avons dessiné sur une échelle beaucoup plus grande que celle des figures 1 et 2 l'une des deux machines qui fonctionnent ensemble et qui par cela même doivent être disposées en sens contraire, puisque l'une travaille à gauche du voussoir pendant que l'autre travaille à droite.

La fig. 3e représente une élévation de la machine vue du côté de son mouvement principal.

La fig. 4e en est un plan général vu en dessus.

Et la fig 5e une section verticale faite par l'axe des arbres moteurs.

Les autres figures sont des détails au 1/10e des parties principales du mécanisme.

TABLE, BANC et CHARIOT. — On reconnaît d'abord par ces figures que vers le centre du bâti de fonte D, M. Bourdon a disposé un arbre principal en fer *c* qui, d'une part, porte sur une crapaudine *d* (fig. 5), et de l'autre est retenu par un collier ou coussinet *d'*, lequel fait corps avec la nervure intérieure *e* fondue d'une seule pièce avec le long banc en fonte E.

Vers la partie inférieure de cet arbre vertical est montée la roue d'angle en fonte F avec laquelle engrène le pignon conique *f*, ajusté sur le bout de l'arbre de couche en fer *g*. Sur ce dernier sont les trois poulies G, G' et G'', de même diamètre, mais dont une, celle du milieu, est un peu plus étroite et fixe sur l'arbre *g*, tandis que les deux autres plus larges sont folles.

La combinaison de ces trois poulies a pour but de faire tourner cet axe moteur tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, et de l'arrêter toutes les fois qu'il est nécessaire. A cet effet le constructeur a disposé deux courroies qui reçoivent leur mouvement d'un même tambour, mais dont l'une est croisée. Ces courroies, passant entre les branches des fourchettes *h* et *h'* (fig. 4), sont successivement amenées des poulies folles respectives G et G' sur la poulie fixe G'', suivant que la tringle horizontale *i* est tirée à droite ou à gauche (fig. 5e).

Afin que ce changement de mouvement s'effectue aux instants voulus, M. Bourdon a jugé utile de le faire opérer par la machine même. Pour cela il a rapporté à l'extérieur du banc de fonte E, une longue tringle en fer *j* qui peut recevoir dans sa longueur des douilles à vis *k*, servant de tocs, et dont on règle la distance à volonté suivant la longueur même de la surface à raboter. Or ces tocs sont rencontrés alternativement à chaque extrémité de la course par une touche *k'* (fig. 3e) qui est fixée à la base du chariot H, sur lequel repose tout le système du porte-outil. Il en résulte que cette tringle entraînée un instant par la marche rectiligne imprimée au chariot est forcée de s'avancer avec lui ; mais alors comme elle est reliée par le goujon *l* au milieu de la bielle *m* (fig. 6 et 7), laquelle s'assemble par l'une de ses extrémités au levier *n*, qui a son point fixe en *o*, et par son autre extrémité à l'équerre ou au levier à deux branches *p*, *p'*, dont le point fixe est

en o', on comprend qu'elle oblige cette petite bielle et par suite les deux leviers à marcher avec elle-même et dans le même sens.

A l'extrémité du premier levier *n* s'assemble par articulation la fourchette qui termine la tige horizontale *r*, laquelle se relie, par son autre extrémité, avec la manette I armée d'une lentille en fonte formant contre-poids.

Par cette combinaison la manette est donc forcée de passer soit à droite, soit à gauche, suivant qu'elle est poussée ou tirée par la tige ; mais dès que dans ce changement de position elle dépasse la verticale en pivotant autour de son extrémité inférieure, elle tombe immédiatement, de sorte qu'elle complète pour ainsi dire l'amplitude de la course que doivent avoir les leviers *n* et *p* réunis par la petite bielle en fer *m* (fig. 6) ; par suite, la branche à coulisse p' de l'équerre étant reliée par un goujon à la tringle *i*, oblige celle-ci à changer de position, de sorte que les fourchettes *h*, h' font passer leur courroie respective, l'une sur la poulie folle, l'autre sur la poulie fixe.

Or les deux courroies marchant, comme nous l'avons dit, en sens contraire, l'arbre *g* est alors forcé de se détourner ainsi que les deux roues d'angle *f* et F. Il en est de même de l'axe vertical *c*, qui porte le pignon droit en fonte J, engrenant constamment avec la crémaillère à denture échelonnée K. Cette dernière, boulonnée sur la base du chariot H, transmet à celui-ci le mouvement rectiligne horizontal qui lui est imprimé, et qui a lieu tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, suivant que les roues d'angle et le pignon droit J tournent eux-mêmes d'un côté ou de l'autre.

Le chariot, ainsi que le banc en fonte E qui le porte, peuvent prendre, comme on l'a vu sur les figures 1 et 2, des directions variables en pivotant autour du centre de l'arbre vertical *c*, de telle sorte que sans changer la position des roues dentées, l'engrènement a toujours lieu, quelle que soit d'ailleurs la direction plus ou moins oblique qu'il est nécessaire d'obtenir.

Un galet cylindrique *s* que l'on applique du côté opposé à la denture de la crémaillère et dont les tourillons sont mobiles dans une chape en fer retenue à l'intérieur du banc, empêche la flexion des extrémités isolées de ladite crémaillère lorsque le chariot arrive à la fin de sa course.

Lorsque la position du chariot est réglée pour correspondre à la direction voulue par le voussoir, ce que l'on détermine à l'aide d'une division sur le socle C et d'une aiguille adaptée au banc E, on fixe le banc sur le bâti de fonte D, par des boulons à écrous *t* traversant des pattes à coulisse fondues avec sa base inférieure (fig. 4).

Du porte-outil. — Le porte-outil se compose d'une forte poupée en fonte L qui est parfaitement dressée à sa base inférieure et ajustée à queue d'hironde sur le chariot H, sur lequel il doit avoir au besoin un petit mouvement transversal afin d'approcher ou d'éloigner l'outil de la surface de la pièce à raboter. Ce mouvement se produit au moyen de la vis de rappel *u* et du volant à main M. Vers la partie supérieure de cette poupée est une sorte de douille en fonte N qui est susceptible de monter ou de des-

cendre verticalement et qui reçoit dans sa partie alésée le mandrin ou canon O, dans la tête duquel s'ajuste l'outil proprement dit *y*.

Celui-ci est disposé de manière à raboter aussi bien en revenant qu'en allant. A cet effet il doit faire à chaque extrémité de la course une demi-révolution sur lui-même tout en changeant de position par rapport à la partie rabotée, c'est-à-dire tout en *donnant du fer*. Le mécanisme avec lequel M. Bourdon obtient ce résultat est fort ingénieux et d'une grande simplicité : il consiste dans l'application d'un pignon d'angle *x* rapporté sur le bout du mandrin O et qui engrène avec un secteur denté P (fig. 8 et 9) lequel est fixé sur l'axe vertical en fer Q que l'on voit retenu (fig. 5e) d'un bout à la base de la poupée et de l'autre par le collier *y* boulonné au centre de la traverse *y'* fondue avec la partie supérieure de la poupée. Quand cet axe tourne d'une certaine quantité sur lui-même, soit dans un sens, soit dans l'autre, le secteur P qu'il porte fait tourner le pignon et par conséquent le mandrin porte-outil exactement d'une demi-révolution, réglée à l'aide d'un taquet du canon mobile qui vient appuyer contre un buttoir.

Or, sur le sommet de cet axe vertical est rapportée une bride en fer *z* dont la douille fait corps avec le secteur droit *c'* (fig 10 et 11) qui engrène avec un secteur semblable c^2 solidaire de même avec une seconde bride analogue *z'* ajustée sur un second axe parallèle au premier, mais plus court. Ces brides sont chacune assemblées par des boulons avec les petites manettes ou coulisses d^2 et d^3, au milieu desquelles sont adaptés les cliquets e' e^2 qui engrènent tous deux dans la denture de la roue à rochet R.

De plus, à l'extrémité inférieure du même axe Q, le constructeur a ajouté une petite manivelle *m'* (fig. 5 et 13) dont le bouton, taillé en forme de queue d'hironde, peut glisser dans la rainure ménagée au milieu de la chape en fer S, qui est construite comme un collier en deux pièces, afin de s'ajuster à frottement sur la grande barre méplate T (fig. 14 et 15) par deux ressorts méplats *f'* qui s'appliquent au-dessous, retenus par les mêmes boulons qui réunissent les deux parties de la chape.

La barre méplate T est fixée par ses deux extrémités au sommet des supports U (fig. 3 et 4), boulonnés aux deux bouts du banc de fonte E.

Il résulte de cette disposition que lorsque le chariot est en marche, la manivelle *m'*, ainsi que la chape S suivent le mouvement rectiligne ; mais quand il est pour changer de direction, cette manivelle tendant à revenir sur elle-même avec la poupée, son bouton à queue produit, à cet instant, une friction assez forte dans la coulisse de la chape S pour obliger l'axe Q à tourner d'une certaine quantité ; par suite le secteur denté *c'* ainsi que la bride *z*, qui sont rapportés à son sommet, tournant dans le même sens, entraîne dans ce mouvement le levier à coulisse d^2 et son rochet *e'* qui alors fait marcher la roue R de quelques dents.

Si la rotation avait lieu dans le sens opposé, le rochet *e'* glisserait sans produire d'effet, mais alors comme le secteur denté *c'*, commande celui c^2 qui est solidaire avec la bride *z'*, c'est évidemment celle-ci qui comman-

derait le levier d^3, et son rochet e^4 n'en ferait pas moins tourner la roue R de quelques dents. Mais cette roue est montée sur la tête de la vis de rappel X qui est parallèle à l'axe Q, et dont l'écrou i' (fig. 3) est solidaire avec le collier j' (en deux pièces) qui enveloppe le moyeu du secteur P; il s'ensuit que cette vis en tournant, force l'écrou, le collier et le mandrin porte-outils N auquel il est aussi relié par les boulons à colonnes l' (fig. 8) à descendre d'une certaine quantité pour changer la position du burin.

Ainsi, vers chaque extrémité de sa course, le chariot effectue les opérations suivantes :

D'un côté, par le contact de son toc k' avec l'une ou l'autre des touches k, il opère le changement de mouvement, comme on l'a vu plus haut ;

Et d'un autre côté, par la pièce à coulisse S, agissant sur la petite manivelle m' et par conséquent faisant pivoter l'axe Q, non-seulement il fait faire une demi-révolution à l'outil, mais encore il le fait descendre d'une quantité déterminée, qui correspond, comme on sait, à l'épaisseur du métal que l'on veut enlever sur la pièce à raboter.

Pour remonter le mandrin porte-outil à sa position primitive, comme pour régler la place exacte qu'il doit avoir par rapport à la pièce, on se sert de la petite manivelle m^2 que l'on applique sur le sommet de la vis, afin de la faire tourner à la main ; et alors on a eu le soin de dégager les cliquets des dents de la roue à rochet.

TRAVAIL DES MACHINES.

Dans une machine à raboter comme dans les tours à chariot et autres, la vitesse moyenne de l'outil pour la fonte est de 8 centimètres par seconde. La pression et par suite l'épaisseur du métal enlevé varient suivant la force même de la machine; elle peut être de 1/4 à 1/2 millimètre comme aussi de 3/4 à 1 millimètre et plus.

Supposons que cet avancement ne soit que de 1/2 millimètre à chaque course, afin d'obtenir un bon travail : si la longueur des faces à raboter est de 1^m20, la largeur de 0^m25, ce qui correspond à une surface de $1.20 \times 0.25 = 30^{dq}$, et si l'on admet qu'à chaque course le burin dépasse la pièce de 20 centimètres, ce qui fait, pour le parcours total, 1^m60, on voit que l'on mettra $1^m60 \div 0^m08 = 20''$, c'est-à-dire 20 secondes à faire ce parcours, et que par suite, l'outil, travaillant en allant comme en revenant, aura raboté une surface de $1^m20 \times 0^m0005$ ou $120^c \times 0^c05 = 60^{cq}$; soit 180^{cq} par minute.

Ainsi, si on n'a pas été arrêté par une cause quelconque, en $30 \div 1.80 = 16'6$, soit en 17 minutes, on peut dresser les deux faces de joint de chaque voussoir dès qu'il est monté sur les plateaux des deux machines.

Poids et prix des machines. — Chacune des machines avec son banc, ses supports et ses accessoires, pèse environ 6500 kilogr.

Leur prix est de 8,500 fr., soit 17,000 fr. la paire.

MACHINE

A APPRÊTER LES ÉTOFFES

FONCTIONNANT D'UNE MANIÈRE CONTINUE ET CHAUFFÉE A LA VAPEUR,

Par MM. HUGUENIN, DUCOMMUN et DUBIED,
CONSTRUCTEURS A MULHOUSE.

(PLANCHE 7.)



Cette machine, qui est d'une construction fort simple, est particulièrement destinée à appliquer l'apprêt sur l'envers ou le mauvais côté de la toile, afin d'éviter de ternir les couleurs en mettant de l'apprêt à l'endroit, c'est-à-dire sur le beau côté. A cet effet, l'étoffe passe d'abord entre deux rouleaux en cuir. Le rouleau supérieur est entouré d'une enveloppe de calicot et le rouleau inférieur plonge dans un bassin rempli d'amidon liquide. Ce second rouleau est gravé en mille points; les creux de la gravure se remplissent d'amidon, et une râcle enlève d'une manière continue tout l'apprêt qui se trouve en dehors ou ailleurs que dans la gravure. L'apprêt vient alors s'imprimer sur l'envers de l'étoffe, qui continue sa marche vers un cylindre ou tambour en tôle sur la surface duquel elle se sèche, en s'y appliquant par le beau côté; un ventilateur placé au-dessous d'une cheminée d'appel enlève les vapeurs qui se dégagent pendant l'opération.

On peut placer sur la machine des rouleaux portant plus ou moins de gravure, et par ce moyen arriver à appliquer, selon les besoins, plus ou moins d'apprêt sur l'étoffe.

Le tambour est disposé pour être chauffé à la vapeur; il y a peu de temps encore on marchait habituellement à une pression de 3 atmosphères effectifs, le séchage de l'apprêt était alors très-rapide et on pouvait faire tourner le cylindre à de grandes vitesses. Mais une ordonnance récente, sur l'avis des ingénieurs des mines, vient d'assimiler ces tambours en tôle aux chaudières à vapeur, de sorte que les épaisseurs de métal comme les essais à la presse hydraulique sont soumis aux mêmes règlements que ces dernières. Or comme il est impossible de faire supporter à de grands cylindres à fond plat, une pression, qui pour l'essai rigoureux, doit corres-

pondre à 7 atmosphères, les fabricants ont dû renoncer, dans l'emploi de ces appareils, à y introduire la vapeur à une pression plus élevée que la pression atmosphérique.

Pour que l'étoffe reste constamment bien tendue en passant des rouleaux apprêteurs au tambour sécheur, MM. Huguenin, Ducommun et Dubied appliquent leur système d'élargisseur, qui est d'une combinaison mécanique fort ingénieuse.

Une telle machine, en usage aujourd'hui dans un grand nombre d'établissements, est appelée à rendre de véritables services, particulièrement dans les fabriques de toile peinte. Elle opère en effet avec une grande économie de temps et de main-d'œuvre, en permettant d'apprêter, avec une parfaite régularité, plus de 700 mètres d'étoffe, par heure de travail.

DESCRIPTION DE LA MACHINE REPRÉSENTÉE PLANCHE 7.

La fig. 1re représente une élévation extérieure de la machine du côté de son mouvement principal;

La fig. 2e en est un plan général vu en dessus;

La fig. 3e une section verticale faite suivant la ligne 1-2;

Et la fig. 4e une autre section perpendiculaire faite par l'axe du tambour, suivant la ligne 3-4.

DES ROULEAUX APPRÊTEURS. — Ces figures montrent que la machine montée sur un bâti en charpente A, est construite avec économie; vers sa partie inférieure et sur la droite, se trouve la bassine en cuivre B qui contient l'amidon liquide ou l'apprêt que l'on doit coucher sur l'étoffe; sa longueur est assez grande pour permettre d'y plonger en partie la surface inférieure du rouleau en cuivre C qui, dans sa rotation, s'empare d'une légère couche d'amidon, et qui pour cela est gravé dans toute son étendue de manière à présenter une suite de petits creux et de saillies. Une sorte de couteau *a* ou de râcle à bascule reposant par son bord extérieur sur la surface du rouleau, enlève continuellement l'excédant d'apprêt qui désaffleure la gravure.

On règle la pression que ce couteau doit avoir, au moyen de deux contrepoids *b* suspendus vers l'extrémité des leviers *c* appliqués dans le bout des tourillons *d*, qui forment l'axe de la raclette. On peut aussi rapprocher ou écarter cette dernière à l'aide de deux petites vis de rappel *e*.

Le rouleau apprêteur C est traversé dans toute sa longueur par un axe en fer portant, d'un bout, une poulie en fonte D, laquelle reçoit son mouvement d'une autre semblable D', montée sur l'arbre moteur de la machine. Il est surmonté d'un rouleau semblable C', mais non gravé, et qui est entouré d'une chemise de calicot. Ce second cylindre est libre, par conséquent il ne tourne sur lui-même que parce qu'il est entraîné, d'une part, par la rotation du cylindre inférieur, et de l'autre par la marche même de l'étoffe à apprêter *f*, qui se déroule de l'ensouple en bois E et qui

est tirée successivement par le grand tambour F, en passant entre les deux rouleaux d'abord, puis sur un petit rouleau de renvoi *g* et ensuite sur le tambour élargisseur G, que nous décrivons plus loin.

L'étoffe a été préalablement enroulée sur l'ensouple E, de manière qu'en se développant, elle présente son envers du côté de la surface du rouleau inférieur C, afin d'éviter, comme nous l'avons dit, de ternir les couleurs qui ont été imprimées à l'endroit. Pour qu'elle soit suffisamment imprégnée, il est utile d'augmenter la charge du rouleau supérieur C' qui la fait appuyer sur le premier. Pour cela, les tourillons de ce rouleau supérieur sont engagés dans des chapes en fer *h*, sur le sommet desquelles pressent les leviers H que l'on munit de contre-poids *i*.

De même, pour que la toile ne se déroule pas trop rapidement de son ensouple, mais bien au fur et à mesure qu'elle est tirée par le tambour, on applique sur la circonférence d'une petite poulie à gorge, rapportée vers l'extrémité de l'axe de ladite ensouple, une courroie *j*, munie d'un poids qui forme une sorte de frein.

DU TAMBOUR SÉCHEUR. — Le tambour F, sur la surface duquel vient s'appliquer l'étoffe à mesure qu'elle est apprêtée, se compose simplement d'un cylindre de tôle qui est tourné et poli extérieurement et qui n'a pas plus de dix millimètres d'épaisseur. Ce cylindre est rivé par ses bords extrêmes sur la circonférence de deux cercles *k* en fer d'angle, sur les bases desquels on rive de même les fonds plats *l*, également en tôle. Ces fonds sont assemblés par des boulons avec les parties centrales *m*, auxquelles sont boulonnés les tourillons creux en fonte I.

Ces derniers, mobiles dans les paliers à coussinets J, sont disposés de manière à recevoir d'un bout, par le tube en cuivre *n*, la vapeur venant directement d'un générateur et à la laisser sortir de l'autre par un second tube semblable *n'*, après qu'elle s'est répandue sur toute la surface intérieure du tambour pour l'échauffer au degré convenable.

L'étoffe en venant ainsi s'appliquer sur la surface extérieure de ce tambour s'y sèche très rapidement et d'autant mieux d'ailleurs, que les constructeurs ont eu le soin de disposer au-dessus une sorte de ventilateur à palettes K, qui tournant avec une sorte de célérité, enlève toute la buée ou la vapeur qui se dégage de la toile humide pendant l'opération.

Cette vapeur est ainsi chassée directement dans la cheminée L, qui la conduit au dehors de l'usine.

Le ventilateur reçoit son mouvement du moteur, par la poulie pleine *o*, montée sur le bout d'un axe intermédiaire portant la roue droite *p*, que l'on fait engrener avec le petit pignon *p'*, de sorte qu'il peut ainsi tourner à une vitesse de 1,000 à 2,000 tours par minute. Quant au tambour F, il porte sur l'un de ses tourillons, une roue droite en fonte M avec laquelle engrène le pignon denté N qui fait corps avec une longue douille alésée *q*: cette dernière traversée dans toute sa longueur par un axe en fer, porte un cône ou poulie à plusieurs diamètres O, afin de permettre de varier la

vitesse de rotation et la mettre en rapport soit avec la température du tambour sécheur, soit avec la nature même de l'étoffe apprêtée.

Travail produit. — Comme on marche habituellement avec de la vapeur à 100 degrés, c'est-à-dire à une pression intérieure correspondante à la pression atmosphérique, la vitesse du tambour est telle, qu'il fait une révolution sur lui-même en 22 secondes. Or, son diamètre étant de 1^m50, ce qui correspond à une circonférence de

$$3,1416 \times 1^m50 = 4^m712$$

on trouve que dans cet espace de temps, le développement de l'étoffe qui s'est mise en contact avec sa surface est de

$$4^m712 \times 22 = 92^m664$$

soit par minute :

$$\frac{92^m664 \times 60}{22} = 252^m72$$

MM. Huguenin, Ducommun et Dubied ont reconnu que dans la pratique, en tenant compte des temps d'arrêt, qui sont d'ailleurs peu considérables, on apprête 7 à 800 mètres d'étoffes, soit en moyenne 750^m par chaque heure de travail.

Enroulement de l'étoffe. — La toile apprêtée et séchée, comme on vient de le voir, va s'enrouler sur la deuxième ensouple supérieure P, en passant sur le rouleau en bois Q vers lequel elle se trouve constamment dirigée par le petit cylindre de pression g'. Ce rouleau Q doit nécessairement tourner à la même vitesse que les précédents, pour correspondre avec la vitesse du tambour et la marche du tissu : à cet effet, son axe porte à l'une de ses extrémités une poulie r, qui est commandée par celle r', rapportée sur le bout de l'axe du rouleau inférieur C. Le rapport entre le diamètre de ces deux poulies est exactement le même que celui qui existe entre les deux cylindres C et Q.

Pour que l'étoffe se serre fortement sur elle-même à mesure qu'elle s'enveloppe sur l'ensouple, on charge l'axe de celle-ci de deux poids s, suspendus à ses extrémités par des chapes ou brides en fer t.

De l'élargisseur. — Nous croyons devoir décrire d'une manière toute particulière le système élargisseur G, importé d'Angleterre par M. Huguenin, et appliqué non-seulement aux machines à apprêter, mais encore aux machines à imprimer au rouleau et à d'autres appareils, comme étant d'un mécanisme fort ingénieux, qui a le mérite de maintenir l'étoffe parfaitement tendue dans le sens de la largeur, ce qui est une question extrêmement importante dans la fabrication des toiles peintes.

L'appareil est représenté en détail sur les fig. 5 et 6, il se compose d'un arbre en fer u, sur lequel sont ajustées quatre poulies à gorges v, dont deux sont inclinées à droite et les deux autres à gauche. Sur la gorge de

chacune de ces poulies s'ajuste un anneau ou bague en cuivre, portant huit bras ou rayons x, placés à égale distance, et assemblés à charnière avec autant de règles G cintrées suivant la surface du cylindre qu'elles doivent former extérieurement, et dentelées ou striées selon des directions inclinées parallèles aux plans des poulies.

L'axe u devant rester immobile, est porté par ses extrémités sur des supports y, fig. 1 et 2; il résulte de cette disposition que, lorsque la pièce de toile f (fig. 3) passe sur l'élargisseur en embrassant près de la moitié de sa circonférence, elle fait l'effet d'une courroie sur une poulie ordinaire, et entraîne les règles striées qui alors font tourner les anneaux porteurs du bras x.

Ces anneaux étant engagés dans la gorge des poulies obliques v, on comprend que les règles, outre leur mouvement de rotation, sont continuellement animées d'un mouvement de va-et-vient. Ainsi on remarque sur la fig. 6 que les unes, celles de gauche, sont fermées, tandis que les autres, celles de droite, sont ouvertes.

Comme il est quelquefois nécessaire de pouvoir élargir les toiles plus ou moins, on se sert à cet effet d'une règle carrée z (fig. 2 et 3), fixée à chaque bout par deux bras en fer sur l'arbre même du tambour élargisseur, au moyen de vis de pression qui permettent de la faire tourner d'une certaine quantité autour de celui-ci, de manière que l'on puisse au besoin faire en sorte que la toile ne touche qu'une partie du tambour proportionnée à l'effet qu'on veut produire.

Voici, au sujet de cet appareil, le rapport qui a été fait à la Société industrielle de Mulhouse par le Comité des arts chimiques, il y a déjà plusieurs années.

.... « Il est peu de cas où l'emploi de cet élargisseur ne soit avantageux et ne remplisse très-bien le but pour lequel il est construit; celui d'enlever d'un tissu, sec ou mouillé, au moment de l'imprimer, de l'enrouler ou de le sécher, tous les plis qui ont pu se former dans les diverses opérations de blanchiment, de teinture ou de lavage.

« Il y a cependant quelques précautions que la pratique a fait observer, et qui pourront faciliter l'emploi de ces élargisseurs, aux personnes qui voudraient les appliquer.

« Ainsi, si on les adapte sur des machines à imprimer au rouleau, il faut faire en sorte que la pièce soit bien maintenue par l'embarrage, jusque près de l'élargisseur; et, qu'en quittant celui-ci, elle soit le plus près possible du drap du rouleau. Sans cette précaution, la pièce, quand elle ne passe pas bien au milieu, est entraînée de côté par les règles divergentes, dont le pouvoir l'emporte sur celles qui ont moins de points de contact avec la pièce. Cet accident de la déviation du tissu a découragé, dans le principe, beaucoup de personnes qui ont essayé de se servir de l'élargisseur. Mais il faut observer que la totalité du pouvoir élargissant de cette nouvelle machine, est de 7 à 8 centimètres sur une pièce de calicot 3/4 ou de 90 centimètres de large. Il est donc un très-grand nombre de cas où il ne faut pas faire subir aux pièces un si grand élargissement.

« L'on peut, au moyen d'une règle mobile qui accompagne la machine, faire toucher la pièce à imprimer, sur deux ou trois règles divergentes seulement. De cette manière on évite beaucoup plus facilement l'inconvénient de la déviation dont nous avons parlé.

« Il faut aussi disposer l'élargisseur derrière la machine à imprimer, de manière que la pièce blanche passe par-dessus, afin que si une partie quelconque de la machine vient à se casser ou à se détacher par accident, elle ne soit pas entraînée par la pièce jusque sous le rouleau presseur, de manière à détériorer la gravure et couper le drap.

« L'on évite d'ailleurs, par cette disposition, les taches qui pourraient être produites par l'huile que l'on emploie à graisser l'élargisseur.

« Parmi les observations qui ont encore été fournies par la pratique, on peut citer les suivantes :

« L'on ne peut se servir de l'élargisseur pour l'impression au rouleau, quand on veut imprimer des mille-raies ou des dessins dans le même style; les règles divergentes, dérangeant un peu les fils, produisent, dans ce cas, des moirés.

« L'on ne peut non plus l'employer quand on imprime au rouleau des pièces qui doivent, après teinture, être rentrées à la planche; et par la même raison, il ne faut pas l'employer devant un cylindre où l'on cylindre des pièces blanches pour l'impression à la planche, et qui devront être rentrées après teinture.

« M. Huguenin cite ce fait dans son mémoire, mais la difficulté du rentrage, après teinture, provient d'une autre cause que celle qu'il lui attribue.

« En effet, si en employant l'élargisseur on imprime au rouleau des rayures qui devront être rentrées à la planche après teinture, on remarquera que les rayures, après l'impression, sont bien toutes également distantes entre elles; mais après teinture, leur écartement est différent, et elles sont progressivement plus rapprochées les unes des autres, à mesure qu'elles s'éloignent des lisières. Il s'ensuit donc que l'élargissement a plus agi au milieu qu'aux bords du tissu, et que la pièce, en reprenant la position première, est plus rentrée sur elle-même au milieu qu'aux lisières.

« Cet effet est exactement le même qui était produit par une machine dont on avait commencé à se servir, il y a quelques années, dans nos fabriques, et qui a été abandonnée, faute par quelqu'un d'avoir eu la patience d'y porter quelques perfectionnements qui, peut-être, l'auraient rendue bonne. C'était une machine fort simple, composée de deux rouleaux en bois, cannelés circulairement, et dont les cannelures, assez fortes, entraient plus ou moins les unes dans les autres, suivant qu'on rapprochait ou éloignait les deux rouleaux,

« Les pièces, en passant entre ces rouleaux, s'élargissaient plus au milieu qu'aux bords, parce que les lisières offraient moins de résistance à l'effet des cannelures que le milieu, et l'on aurait probablement pu obtenir un élargissement uniforme, en graduant les cannelures des rouleaux, comme on pourra aussi obtenir un effet uniforme sur les tissus, en graduant convenablement le pouvoir du nouvel élargisseur.

« Avec la construction actuelle, il est des cas où son emploi peut être une cause de déchirures. Cela a lieu, par exemple, quand la toile de coton à imprimer au rouleau, porte des filets ou des bandes de noir solide ou mordant de fer concentré, imprimés à la planche, ou teints en garance; cette couleur a l'inconvénient d'affaiblir quelquefois les fibres du coton, au point qu'elles ne peuvent résister à la traction que leur fait éprouver l'élargisseur.

« Les déchirures ont presque toujours lieu au milieu de l'étoffe, ce qui prouve encore qu'au milieu du tissu s'exerce la plus forte tension dans le sens de la largeur.

« C'est cependant le cas de signaler ici un avantage incontestable qu'a cette machine sur tous les autres appareils élargisseurs dont on se sert ordinairement. C'est celui de pouvoir, avec son secours, passer *sans plis*, au rouleau, des étoffes imprimées préalablement avec de grandes masses de couleurs ou de réserves, même quand ces impressions sont disposées en bandes ou en carreaux. »

Nous avons aussi indiqué en détails, fig. 7 et 8, un système de tambour élargisseur qui est également exécuté par la maison Huguenin, Ducommun et Dubied, dont la construction diffère un peu de celle du précédent, en ce que les poulies à gorges *v* sont droites, perpendiculaires à l'axe au lieu d'être obliques. Les stries de la surface extérieure sont d'ailleurs inclinées à droite et à gauche comme sur les premières règles.

PRIX DE L'APPAREIL. — Le prix de la machine à apprêter, telle qu'elle a été représentée, est de 2,900 fr. prise dans les ateliers des constructeurs, mais sans l'élargisseur qui varie selon ses dimensions et la nature même de la construction.



PERFECTIONNEMENTS

APPORTÉS DANS LA FABRICATION DE L'ACIER FONDU,

Par MM. James JACKSON et fils,

MANUFACTURIERS A SAINT-SEURIN SUR L'ISLE, PRÈS BORDEAUX.

M. James Jackson qui, en 1849, avait exposé plusieurs pièces fort remarquables en acier fondu, et en particulier une tige de piston de plus de 20 centimètres de diamètre, s'est constamment occupé, depuis, d'apporter dans cette industrie de véritables et utiles perfectionnements, soit pour améliorer la fabrication, soit pour réaliser une économie notable dans la consommation du combustible.

Ces perfectionnements se distinguent par plusieurs points essentiels, savoir :

1° La disposition de fonderie double, avec un seul cendrier, et une seule cheminée d'appel, ce qui, tout en simplifiant la construction, a l'avantage de recueillir les déchets, sans perte, sans inconvénient. — 2° L'application de l'air comprimé, envoyé par une soufflerie, sous le foyer, que celui-ci soit d'ailleurs disposé avec ou sans grille ; application qui permet d'opérer la fusion du métal avec une plus grande rapidité, et de produire par suite une plus grande quantité d'acier fondu dans un temps donné. — 3° L'addition d'une chaudière à vapeur placée au-dessus des fours, pour utiliser les flammes perdues, avant de s'échapper dans la cheminée, et après avoir chauffé les creusets. — 4° Les combinaisons particulières de fours et de creusets avec une seule grille et un seul foyer, alimentés soit par l'air comprimé, soit par l'air libre, et permettant d'effectuer à la fois la fusion d'une grande masse d'acier, de telle sorte à obtenir d'un seul jet des pièces de 2 à 4,000 kilogrammes pour des cylindres ou des tiges de 40 à 50 centimètres de diamètre.

Nous publierons prochainement avec détails les dessins et la description de ces appareils qui présentent un intérêt actuel fort important pour la fabrication.

FABRICATION DU CAOUTCHOUC VULCANISÉ.

NOUVELLE USINE

ÉTABLIE A BEAUMONT (Oise).

APPLICATION A LA FABRICATION DES PEIGNES.

M. Morey, négociant des États-Unis et cessionnaire de plusieurs parties des patentes de M. Goodyear, sur diverses applications du caoutchouc vulcanisé, vient de faire établir à Beaumont une usine importante pour fabriquer, d'une part, du caoutchouc élastique et mou, servant aux rondelles des tampons de chemins de fer, et de l'autre, du caoutchouc dur en plaques, propre à la confection des peignes de toute espèce.

Cette usine, qui remplace aujourd'hui un ancien moulin à blé monté à l'anglaise, fonctionne par une force hydraulique très-puissante qui actionne plusieurs paires de cylindres formant laminoirs et chauffés à la vapeur.

Le caoutchouc brut venant des Indes, du Brésil ou des États-Unis, soit en forme de bouteilles, soit en forme de souliers, de gants, ou en morceaux, est préalablement trié, coupé, lavé à l'eau chaude, puis séché et jeté ensuite entre les deux cylindres de chaque laminoir. Ceux-ci sont disposés de manière à pouvoir se rapprocher au degré convenable, au moyen de vis de rappel qui agissent sur les paliers de l'un d'eux. Leur diamètre est d'environ $0^m 45$, et leur longueur de 1 mètre; la vitesse de rotation est de 5 à 6 révolutions par minute. Chacun d'eux est commandé et chauffé séparément. La courroie qui prend son mouvement sur un arbre de couche principal, marchant au moins à 60 révolutions par minute, en passant sur une poulie de $0^m 75$ à $0^m 80$ de diamètre, n'a pas moins de 18 centimètres de large, ce qui montre que la force nécessaire employée pour faire marcher chaque laminoir est assez considérable. Les engrenages eux-mêmes, montés sur les axes des cylindres, ont notable-

ment plus de diamètre que ceux-ci, c'est-à-dire 60 à 70 centimètres, et au moins 10 centimètres de largeur de denture.

Les tuyaux en fer (système Gandillot) qui amènent la vapeur, l'un à l'extrémité de l'un des cylindres opposée à son engrenage, l'autre à l'extrémité opposée du second cylindre, sont munis de robinets et accompagnés de tuyaux semblables qui servent à amener au besoin de l'eau froide, afin d'éviter ainsi que les cylindres ne soient chauffés à une trop grande température. On ne dépasse généralement pas 50 à 60 degrés centigrades.

Les morceaux de caoutchouc, étant donc jetés, comme nous venons de le dire, entre les deux cylindres, s'écrasent et s'échauffent par leur contact; ils tombent au fur et à mesure sur une sorte de caisse plate en bois placée en dessous; mais l'ouvrier chargé du travail a le soin de les reprendre et de les remettre immédiatement sur les cylindres, afin qu'ils soient écrasés à nouveau, et ils continuent ainsi un certain nombre de révolutions; ils ne tardent pas à s'agglomérer par l'effet de la chaleur, et en rapprochant les rouleaux, à ne former bientôt plus qu'une espèce de plaque ou de peau grossière, rugueuse, présentant une suite d'aspérités.

C'est dans cet état qu'on mélange le caoutchouc de fleur de soufre. A cet effet l'ouvrier qui n'a pas cessé de rapprocher graduellement les cylindres, laisse envelopper la plaque autour de l'un d'eux, celui de derrière par exemple; puis il saupoudre de soufre sur toute la longueur ainsi que la surface du cylindre de devant qui est à nu. Cette poudre pénètre, par la rotation des rouleaux, dans les molécules de caoutchouc, et en renouvelant l'opération un certain temps, c'est-à-dire pendant quelques minutes seulement, on voit le caoutchouc changer de couleur : de noir il devient gris paille; mais il est nécessaire, pour que la couleur soit bien régulière et que le mélange soit parfaitement homogène, de soumettre le caoutchouc à plusieurs laminages successifs, en le repassant trois ou quatre fois entre les cylindres, et en ayant le soin pour cela de le reployer sur lui-même et de le faire entrer dans des sens différents, de sorte que tantôt il est laminé en longueur et tantôt en largeur, ou obliquement. On a toujours, dans chaque passage, serré les deux cylindres. Lorsque les feuilles sont destinées à la fabrication des peignes, et que par conséquent elles doivent être d'une certaine dureté, pour imiter la corne ou le buffle, on a le soin d'ajouter dans le mélange une certaine quantité de magnésie en poudre très-fine.

On obtient ainsi des feuilles de caoutchouc mélangé de soufre, ayant une dimension de 50 à 60 centimètres, de forme rectangulaire, que l'on étend sur des feuilles de cuivre jaune très-mince, et que l'on doit soumettre à une certaine température, pour être ce que l'on appelle *vulcanisées*.

On place ces feuilles verticalement dans une chaudière en tôle, fermée hermétiquement de toutes parts, en laissant entre elles un petit espace pour

qu'elles ne se touchent pas et que la chaleur puisse circuler partout. Le chauffage a lieu avec la vapeur à haute pression, qu'on répand dans tout l'intérieur de la chaudière; il peut durer sept à huit heures, mais il paraît que le degré de température forme un point fort important pour la vulcanisation. Si elle est trop faible, on ne vulcanise pas, si elle est trop forte, les objets sont perdus; ils brûlent pour ainsi dire, et ne sont plus propres à rien. Aussi fait-on généralement, dans les fabriques, un secret du véritable degré de température convenable, à tel point que pour que les ouvriers eux-mêmes ne le sachent pas, on applique sur les appareils des thermomètres erronés dont le point 0 n'est pas celui des thermomètres exacts. D'après la patente prise en Angleterre, pour M. Goodyear, par M. Newton, en 1844, le degré de température est de 270° Fahrenheit, ce qui correspond à environ 125 degrés centigrades. Selon l'indiscrétion de quelques fabricants il serait de 135 degrés.

Quoi qu'il en soit, la température ne peut être exactement la même pour tous les genres de produits que l'on veut fabriquer : ainsi pour les rondelles propres à la fabrication des ressorts de tampons ou de chocs, et qui doivent conserver une grande élasticité, on ne les expose pas directement à l'action de la vapeur. D'abord, pour qu'elles ne se déforment pas, on les renferme dans des cylindres de fonte, après les avoir traversées au centre par une tige en fer, et on les porte soit à la chaudière dont nous venons de parler, soit dans une chaudière à double paroi, qui est chauffée par la vapeur contenue entre les deux enveloppes. Pour ces sortes de produits, comme on ne tient pas précisément à une grande pureté de matière, on n'emploie pas les premières qualités de caoutchouc; on y mélange même souvent de la chaux en petite quantité, afin d'en augmenter un peu le poids, et d'obtenir peut-être plus de consistance.

Le prix de ces rondelles, comme en général d'un grand nombre d'articles analogues, est notablement diminué, comparativement à celui qu'on payait il y a encore peu de temps. Ainsi, ces dernières années, elles n'étaient pas livrées aux compagnies à moins de 16 fr. le kilog.; aujourd'hui on les leur propose à 8 fr., et nous ne serions pas étonnés que dans peu d'années on ne les vendît encore à un prix beaucoup plus bas. Quand on sait, en effet, que le caoutchouc brut ne revient pas actuellement, avec la réduction qui vient d'être faite sur les droits d'entrée de cette matière première, à plus de 2 fr. 40 à 2 fr. 50 le kilogramme, on reconnaît qu'il y a de la marge pour les frais de la fabrication qui, en définitive, est des plus simples.

C'est M. Fauvelle, l'un de nos plus habiles fabricants de peignes à Paris, qui s'est chargé d'exploiter cette application particulière du caoutchouc dur à la confection des peignes de toute espèce. Pour cela il a monté dans l'usine même de Beaumont, aux étages supérieurs, des ateliers spéciaux, où il reçoit les feuilles préparées et vulcanisées comme on vient de le voir, et où il occupe près de 150 ouvriers, hommes et femmes. Là le travail se fait, jusqu'à présent, exactement comme celui du buffle ou de la corne,

c'est-à-dire que l'on découpe les feuilles en morceaux qui ont la forme extérieure des peignes ; puis on taille la denture, à l'aide de petites machines à fraise fort ingénieuses et qui travaillent avec une rapidité extrême. On forme aussi des dessins, au besoin, sur certaines parties, comme par exemple sur la tête des peignes à chignon, au moyen de petites fraises rotatives que l'on monte à l'extrémité de l'axe d'un tour, auquel on imprime aussi une très-grande vitesse; on donne à ces peignes les formes cintrées ou courbées à volonté, en les chauffant à une certaine température, au-dessus de réchauds alimentés par du charbon de Paris. Enfin on les termine par le polissage, qui s'effectue généralement à la main par des femmes ou des enfants.

M. Fauvelle, chargé, lors de l'exposition universelle de 1851, de rechercher quelle pouvait être pour Paris l'importance de la fabrication des peignes, a pu établir, d'une manière assez exacte, que cette industrie s'élevait à un chiffre annuel de 6 millions, dont 4 millions pour les peignes ordinaires en buffle et en corne, et les deux autres millions pour les peignes riches en écaille ou en ivoire. Or, en supposant que les peignes de buffle seuls soient remplacés par les peignes en caoutchouc, on peut estimer que ce produit s'élèverait encore à environ deux millions par année. Ce chiffre pourra facilement être atteint si l'on remarque que les peignes de caoutchouc dur seront bien préférés aux peignes de buffle ou de corne, parce que d'un côté ils ne sont pas susceptibles de se fendiller comme ceux-ci, et par suite de casser les cheveux, et que d'un autre côté ils sont d'un service beaucoup plus durable.

Cet article devra se répandre d'ailleurs d'autant mieux qu'avant peu, nous en avons la conviction, à en juger par les premiers essais que M. Fauvelle a bien voulu nous communiquer, on arrivera à simplifier considérablement la fabrication, en moulant les pièces mêmes dans des matrices et en les vulcanisant, au lieu de les découper dans des feuilles, comme on le fait aujourd'hui.

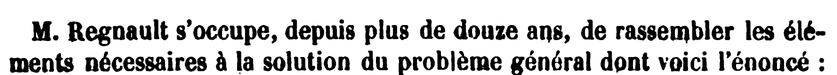
C'est ainsi que l'on produit déjà des manches de rasoirs, de couteaux, des pommes de cannes, des statuettes, et une foule d'autres objets, qui ont l'aspect de corps solides sculptés, et qui présentent un fini, un poli, qui ne laissent rien à désirer.

Nous nous proposons de revenir prochainement sur ce sujet, en donnant alors les dessins et les descriptions des principaux appareils employés dans cette intéressante industrie.

RECHERCHES
SUR LES CHALEURS SPÉCIFIQUES
DES FLUIDES ÉLASTIQUES (1),

Par M. V. REGNAULT,
Ingénieur en chef des mines, professeur au Collége de France.

(EXTRAIT.)



M. Regnault s'occupe, depuis plus de douze ans, de rassembler les éléments nécessaires à la solution du problème général dont voici l'énoncé :

« Une certaine quantité de chaleur étant donnée, quel est, théoriquement, le travail moteur que l'on peut en obtenir en l'appliquant au développement et à la dilatation des divers fluides élastiques dans les diverses circonstances pratiquement réalisables? »

La solution complète de ce problème donnerait, non-seulement la véritable théorie des machines à vapeur usitées aujourd'hui, mais encore celles des machines dans lesquelles la vapeur d'eau serait remplacée par une autre vapeur, ou même par un fluide élastique permanent dont la chaleur augmente l'élasticité.

On a admis jusque dans ces derniers temps que les quantités de chaleur dégagées ou absorbées par un même fluide élastique étaient égales quand le fluide passe d'un même état initial à un état final identique, dans quelque sens que se fît la transition; en un mot, on admettait que ces quantités de chaleur ne dépendaient que des conditions initiales et finales de température et de pression, et qu'elles étaient indépendantes des circonstances intermédiaires par lesquelles le fluide a passé. S. Carnot a publié, en 1824, sous le titre de *Réflexions sur la puissance motrice du feu*, un ouvrage auquel on ne fit pas d'abord grande attention, et dans lequel il admit en principe que le travail moteur produit dans une machine à feu est dû au

(1) Ce travail a déjà été publié dans les Comptes rendus de l'Académie des sciences; il a paru utile de le reproduire au moment où les recherches de M. Ericsson et celles de M. du Trembiay attirent si vivement l'attention sur les principes mêmes de la production du travail mécanique au moyen de la chaleur.

passage de la chaleur de la source calorifique plus chaude qui émet la chaleur, au condenseur plus froid qui la recueille définitivement. M. Clapeyron a développé par le calcul l'hypothèse de Carnot, et il a fait voir que les quantités de chaleur gagnées ou perdues par un même gaz ne dépendent plus alors uniquement de son état initial et de son état final, mais encore des états intermédiaires par lesquels on l'a fait passer.

La théorie mécanique de la chaleur a repris faveur depuis quelques années et elle occupe en ce moment un grand nombre de géomètres. Mais on a fait subir au principe de Carnot une modification importante : on a admis que la chaleur peut être transformée en travail mécanique et que réciproquement le travail mécanique peut se transformer en chaleur. Dans la théorie de Carnot, la quantité de chaleur possédée par le fluide élastique à son entrée dans la machine se retrouve en entier dans le fluide élastique qui en sort, ou dans le condenseur; le travail mécanique est produit uniquement par le passage de la chaleur de la chaudière au condenseur en traversant la machine. Dans la nouvelle théorie, cette quantité de chaleur ne se conserve pas tout entière à l'état de chaleur; une portion disparaît pendant le passage de la machine et le travail moteur produit est, dans tous les cas, proportionnel à la quantité de chaleur perdue. Dans cette théorie, pour obtenir d'une même quantité de chaleur le maximum d'effet mécanique, il faut s'arranger de manière à ce que cette perte de chaleur soit la plus grande possible, c'est-à-dire que la force élastique que conserve la vapeur détendue au moment où elle entre dans le condenseur soit la plus faible possible. Mais en tout cas, dans la machine à vapeur d'eau, la quantité de chaleur utilisée pour le travail mécanique ne sera qu'une très-petite fraction de celle qu'on a été obligé de communiquer à la chaudière. Dans une machine à vapeur à détente sans condensation, où la vapeur pénètre sous une pression de 5 atmosphères et sort sous la pression de l'atmosphère, la quantité de chaleur possédée par la vapeur à son entrée est, d'après les expériences de M. Regnault, de 653 unités environ ; celle qu'elle retient à sa sortie est de 637. D'après la théorie qu'il expose, la quantité de chaleur utilisée pour le travail mécanique serait 653 — 637 = 16 unités, c'est-à-dire seulement 1/40 de la quantité de chaleur donnée à la chaudière. Dans une machine à condensation recevant de la vapeur saturée à 5 atmosphères et dont le condenseur présenterait constamment une force élastique de 55 millimètres de mercure, la quantité de chaleur de la vapeur entrante serait de 653 unités, et celle que la vapeur possède au moment de la condensation, c'est-à-dire où elle est perdue pour l'action mécanique, est de 619 unités. La chaleur utilisée serait de 34 unités, un peu plus que 1/20 de la chaleur donnée à la chaudière.

On obtiendra une plus grande fraction de chaleur utilisée pour le travail mécanique, soit en surchauffant la vapeur avant son entrée dans la machine, soit en abaissant autant que possible la température de la con-

densation. Mais ce dernier moyen est difficile à réaliser en pratique; il forcerait d'ailleurs à augmenter considérablement la quantité d'eau froide destinée à opérer la condensation, ce qui dépense du travail moteur, et l'on ne pourrait fournir à l'alimentation de la chaudière que de l'eau très-peu échauffée. On arrivera plus facilement au même but en faisant subir une détente moindre à la vapeur d'eau dans la machine et en condensant cette vapeur par l'injection d'un liquide très-volatil, comme l'éther ou le chloroforme. La chaleur possédée par la vapeur d'eau au moment de cette condensation, et dont une très-petite portion seulement aurait pu être transformée en travail mécanique, passe dans le liquide plus volatil qu'elle transforme en vapeur sous haute pression.

Dans les machines à air, où la force motrice est produite par la dilatation que la chaleur fait subir au gaz dans la machine, ou par l'augmentation qu'elle détermine dans sa force élastique, le travail moteur produit à chaque coup de piston serait toujours proportionnel à la différence des quantités de chaleur possédées par l'air entrant et par l'air sortant, c'est-à-dire, en définitive, à la perte de chaleur que fait l'air en traversant la machine. Théoriquement, dans ces dernières machines, toute la chaleur dépensée est utilisée pour le travail moteur, tandis que dans la meilleure machine à vapeur d'eau la chaleur utilisée pour le travail mécanique n'est pas le 1/20 de la chaleur dépensée.

CAPACITÉS CALORIFIQUES DES FLUIDES ÉLASTIQUES.

On peut définir la chaleur spécifique des fluides élastiques de deux manières différentes : dans la première, on appelle *chaleur spécifique* du fluide élastique la quantité de chaleur qu'il faut communiquer à un gaz pour élever sa température de 0 à 1 degré, en le laissant se dilater librement, de manière à conserver une élasticité constante ; dans la seconde, c'est la quantité de chaleur qu'il faut lui donner pour élever sa température de 0 à 1 degré, en le forçant à conserver le même volume, sa force élastique augmentant.

La première de ces capacités a été appelée *chaleur spécifique du gaz sous pression constante;* la seconde a été nommée *chaleur spécifique sous volume constant.* La première définition coïncide seule avec celle que l'on a admise pour la capacité calorifique des corps solides et liquides; c'est aussi la seule qui s'est prêtée jusqu'ici à une détermination expérimentale directe.

Un grand nombre de physiciens se sont occupés, depuis un siècle, de la recherche des chaleurs spécifiques des fluides élastiques. Les conclusions auxquelles ils sont arrivés sont en général très-erronées.

Le travail de Delaroche et Bérard, qui fut couronné en 1813 par l'Académie, est encore aujourd'hui le plus complet sur cette matière, et celui dont les résultats s'éloignent le moins de la vérité. Cette supériorité tient

non-seulement aux soins extrêmes que ces habiles expérimentateurs ont apportés dans leurs expériences, mais encore à la méthode directe qu'ils ont suivie ; tandis que la plupart des autres physiciens ont eu recours à des méthodes détournées, dans lesquelles l'élément qu'ils cherchaient n'exerçait souvent qu'une influence très-faible.

Les conclusions générales que Delaroche et Bérard ont tirées de leur travail sont les suivantes :

1° La chaleur spécifique des gaz n'est point la même pour tous, soit que l'on ait égard aux volumes, soit que l'on ait égard aux poids. Ces chaleurs spécifiques, sous ces deux rapports, ont les valeurs suivantes :

Chaleur spécifique.	Sous le même vol.	Sous le même poids.	Pesanteur spécifique.
De l'air.	1,0000	1,0000	1,0000
De l'hydrogène.	0,9033	12,3401	0,0732
De l'acide carbonique. . .	1,2583	0,8280	1,5196
De l'oxygène.	0,9765	0,8848	1,1036
De l'azote.	1,0000	1,0318	0,9691
Du protoxyde d'azote. . .	1,3503	0,8878	1,5209
Du gaz oléfiant.	1,5530	1,5763	0,9885
De l'oxyde de carbone. . .	1,0340	1,0805	0,9369

2° Les capacités calorifiques de ces mêmes gaz, par rapport à l'eau, sont exprimées par les nombres suivants :

Chaleur spécifique	de l'eau.	1,0000
—	de l'air atmosphérique. . . .	0,2669
—	de l'hydrogène.	3,2936
—	de l'acide carbonique.	0,2210
—	de l'oxygène..	0,2361
—	de l'azote..	0,2754
—	du protoxyde d'azote.	0,2369
—	du gaz oléfiant.	0,4207
—	de l'oxyde de carbone.. . . .	0,2884
—	de la vapeur aqueuse.	0,8470

3° La chaleur spécifique de l'air atmosphérique, considérée sous le rapport des volumes, augmente avec sa densité, mais suivant une progression moins rapide. Le rapport des pressions étant de $\frac{1}{1,3583}$, celui des chaleurs spécifiques est de $\frac{1}{1,2396}$.

4° Delaroche et Bérard admettent, d'après des considérations théoriques, et fondées d'ailleurs sur des expériences directes de Gay-Lussac, que la chaleur spécifique des gaz augmente rapidement avec la température.

Telles sont les notions les plus précises que nous possédons aujourd'hui sur la chaleur spécifique des gaz, et qui ont été généralement admises par les physiciens.

D'après les expériences de M. Regnault, la chaleur spécifique de l'air, par rapport à l'eau, est :

Entre — 30° et + 10°	0,2377
Entre + 10° et + 100°	0,2379
Entre + 100° et + 225°	0,2376

Ainsi, contrairement aux expériences de Gay-Lussac, la chaleur spécifique de l'air ne varierait pas sensiblement avec la température. Des expériences faites sur quelques autres gaz permanents ont conduit à une conclusion semblable.

Dans les expériences sur l'air atmosphérique, faites sous des pressions qui ont varié de 1 jusqu'à 10 atmosphères, l'auteur n'a pas trouvé de différence sensible entre les quantités de chaleur qu'une même masse de gaz abandonne en se refroidissant d'un même nombre de degrés. Ainsi, contrairement aux expériences de Delaroche et Bérard, qui ont constaté une différence très-notable pour des pressions qui variaient seulement de 1 atmosphère à 1$^{\text{atm.}}$3, la chaleur spécifique d'une même masse de gaz serait indépendante de sa densité. Des expériences faites sur plusieurs gaz ont conduit M. Regnault à des conclusions analogues. Il présente cependant cette loi avec quelque réserve.

La chaleur spécifique 0,237 de l'air par rapport à l'eau est notablement plus faible que le nombre 0,2669 admis par Delaroche et Bérard; elle résulte de plus de cent déterminations faites dans des conditions variées.

Les autres fluides élastiques dont j'ai déterminé la chaleur spécifique sont énumérés dans le tableau suivant (page 72).

En jetant les yeux sur ce tableau, on remarque immédiatement que les chaleurs spécifiques de l'oxygène, de l'azote et de l'hydrogène diffèrent très-peu les unes des autres pour des volumes égaux ; ainsi l'on serait conduit à admettre que la chaleur spécifique des gaz simples est la même quand ces gaz sont pris sous le même volume et à la même pression. Mais, pour le chlore et le brome, on a trouvé des nombres à très-peu près égaux entre eux, mais très-supérieurs à ceux que l'on a obtenus pour les autres gaz simples.

La chaleur spécifique obtenue pour la vapeur d'eau, par un grand nombre d'expériences, est de 0,475; elle n'est guère que la moitié de celle qui a été trouvée par Delaroche et Bérard. Il est remarquable que la chaleur spécifique de la vapeur d'eau soit à très-peu près égale à celle de l'eau solide, de la glace, et seulement la moitié de celle de l'eau liquide.

TABLE

DE LA CHALEUR SPÉCIFIQUE DE DIVERS FLUIDES ÉLASTIQUES, D'APRÈS DES EXPÉRIENCES DE M. REGNAULT, DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

GAZ SIMPLES.	CHALEURS SPÉCIFIQUES.		DENSITÉS.
	EN POIDS.	EN VOLUME.	
Oxygène	0.2182	0.2412	1.1056
Azote	0.2440	0.2370	0.9713
Hydrogène	3.4046	0.2356	0.0692
Chlore	0.1214	0.2962	2.4400
Brome	0.05518	0.2992	5.3900
GAZ COMPOSÉS.			
Protoxyde d'azote	0.2238	0.3413	1.5250
Deutoxyde d'azote	0.2315	0.2406	1.0390
Oxyde de carbone	0.2479	0.2399	0.9674
Acide carbonique	0.2164	0.3308	1.5290
Sulfure de carbone	0.1575	0.4146	2.6325
Acide sulfureux	0.1553	0.3489	2.2470
Acide clorhydrique	0.1845	0.2302	1.2474
Acide sulfhydrique	0.2423	0.2886	1.1912
Gaz ammoniac	0.5080	0.2994	0.5894
Hydrogène protocarboné	0.5929	0.3277	0.5527
Hydrogène bicarboné	0.3694	0.3572	0.9672
Vapeur d'eau	0.4750	0.2950	0.6210
Vapeur d'alcool	0.4513	0.7171	1.5890
Vapeur d'éther	0.4810	1.2296	2.5563
Vapeur d'éther chlorhydrique	0.2737	0.6117	2.2350
Vapeur d'éther bromhydrique	0.1816	0.6777	3.7316
Vapeur d'éther sulfhydrique	0.4005	1.2568	3.1380
Vapeur d'éther cyanhydrique	0.4255	0.8293	1.9021
Vapeur de chloroforme	0.1568	0.8310	5.3000
Liqueur des Hollandais	0.2293	0.7911	3.4500
Éther acétique	0.4008	1.2184	3.8400
Vapeur d'acétone	0.4125	0.8341	2.0220
Vapeur de benzine	0.3754	1.0114	2.6943
Essence de térébenthine	0.5061	2.3776	4.6978
Vapeur de chlorure phosphoreux	0.1346	0.6386	4.7445
Vapeur de chlorure arsénieux	0.1122	0.7013	6.2510
Vapeur de chlorure de silicium	0.1329	0.7788	5.8600
Vapeur de chlorure d'étain	0.0939	0.8639	9.2000
Vapeur de chlorure de titane	0.1263	0.8634	6.8360

NAVIGATION A VAPEUR.

BATEAU LE CHAMOIS

DE CINQUANTE CHEVAUX,

A CYLINDRES OSCILLANTS ET A ROUES EXCENTRIQUES,

Construit par **M. NILLUS**, du Hâvre.

(PLANCHES 8 ET 9.)



INTRODUCTION.

Tout le monde sait aujourd'hui que, dès 1694, Papin, le véritable inventeur de la machine à vapeur à piston, proposait d'employer cet agent moteur à faire mouvoir des roues à palettes qui feraient avancer sur l'eau les bateaux ou navires auxquels elles seraient adaptées ; mais il y a loin de ces premières idées à l'exécution pratique de ce qui existe aujourd'hui.

M. le marquis de Jouffroy père est le premier qui fit construire, en 1780, un bateau à vapeur de 45 à 46 mètres de longueur, lequel fut essayé sur la Saône. Le moteur primitif consistait en une machine atmosphérique qui faisait mouvoir deux espèces de volets, s'ouvrant pour repousser l'eau et faire avancer le bateau, puis se refermant pour venir reprendre leur position primitive (1).

Plus tard, dans un autre essai, M. de Jouffroy remplaça les volets par des roues à aubes, qu'on avait déjà essayé d'appliquer, sans succès, pour les substituer aux rames dans la navigation ordinaire ; mais ce fut toujours avec peine que l'on parvint à faire marcher le bateau, et on ne put atteindre une vitesse un peu considérable. La machine à vapeur atmosphérique était trop imparfaite, l'art du constructeur trop peu avancé, pour qu'on pût obtenir des résultats importants.

(1) M. de Jouffroy fils avait proposé et mis à exécution, il y a quelques années, un bateau à vapeur ayant pour propulseur deux espèces de rames articulées, imitant les pattes d'oie, et marchant, par conséquent, à mouvement alternatif. Mais un tel système présenté à diverses époques, et sous des formes différentes, ne peut avoir de chances de succès, par les chocs, les secousses et les réactions provenant des changements brusques qu'il faut produire pour avancer avec une certaine vitesse.

Mais lorsque Watt eut perfectionné la machine à vapeur, lorsqu'il eut créé, pour ainsi dire en même temps, la science du constructeur de machines, le problème fut bientôt résolu. L'américain Fulton, après avoir construit un premier bateau sur la Seine (1), dont les résultats bien qu'imparfaits lui firent néanmoins comprendre que la vitesse n'était limitée que par la faiblesse des machines qu'on employait, fit construire à New-York, en 1807, un bateau de grandes dimensions, dont Watt fournit la puissante machine. De ce jour, la navigation à vapeur était créée, et on entrait dans la série des perfectionnements si nombreux qui y ont été apportés depuis, et qui se succèdent encore journellement avec tant de rapidité.

Parmi les systèmes de machines à vapeur appliqués aujourd'hui, comme moteurs à la navigation, on distingue :

1° Les machines dites à *cylindres oscillants*, dont la première application a été faite en France par M. Cavé, et plus tard adoptée en Angleterre par MM. Penn, Maudsley et quelques autres constructeurs. C'est aussi le système qui a été adopté par M. Nillus et que nous allons décrire.

2° Les machines à *cylindre horizontal*, qui ont le mérite d'occuper fort peu de hauteur et de se loger par suite complétement au-dessous de la ligne de flottaison. Telle est la disposition exécutée fort souvent pour la marine par la maison Mazeline frères du Hâvre. Nous en avons donné un exemple par le modèle de *la Biche* publié dans le VII[e] volume.

3° Les machines à *cylindres inclinés*, qui ont été aussi appliquées en origine par M. Cavé et plus tard par MM. Cochot frères. Ce système forme une sorte d'intermédiaire entre les machines verticales et les machines horizontales. A égalité de course, elles prennent moins de hauteur que les premières et moins d'étendue que les secondes (2).

4° Les machines dites à *tronque ou à fourreau*, imaginées par un ingénieur anglais, qui est malheureusement mort trop jeune, et construites pour la plupart par la maison Maudsley, de Londres. Dans un projet présenté il y a quelques années à la marine, par MM. Mazeline, on remarque une application de ce système avec trois cylindres pour les vaisseaux mixtes, c'est-à-dire pour les bâtiments à voiles ayant comme auxiliaire un moteur à vapeur de 2 à 300 chevaux et plus.

Nous ne parlons pas des *machines à balancier*, qui sont aujourd'hui presque généralement abandonnées, comme étant d'un système trop lourd, trop embarrassant et d'ailleurs plus dispendieux que tout autre. Ce sont sans contredit les machines à cylindre horizontal et à cylindres oscillants que l'on applique actuellement dans la navigation maritime comme dans la navigation fluviale. Elles ont le mérite d'être plus simples

(1) Il existe au Conservatoire des arts métiers (galerie du portefeuille), un dessin signé de M. Fulton lui-même, représentant les vues principales du bateau qu'il a proposé en 1803, de même qu'une lettre autographe de cet illustre inventeur.

(2) Nous avons publié dans le V[e] vol. du *Génie industriel*, un exemple du système de machines obliques pour lequel M. Penn a cru devoir se faire breveter en France il y a quelques années.

d'exécution et de montage, beaucoup plus légères et bien moins coûteuses à égalité de force motrice.

Nous avons fait voir que le système horizontal, que l'on exécute maintenant sur des dimensions considérables, comme *le Rolland* par exemple, qui n'a pas moins de 400 chevaux de force, s'applique non-seulement aux navires, mais encore aux machines de terre. Les objections qui se sont élevées dans les premiers temps contre ce système ne sont plus regardées comme sérieuses, car l'expérience en a fait justice, on en a eu des preuves par ces belles et grandes machines établies à Saint-Germain et que nous avons données dans le VIe volume, comme aussi par ces puissantes machines soufflantes publiées dans le VIIIe.

Les machines à cylindres oscillants, qui n'avaient pas été suffisamment appréciées dès l'origine, sont devenues également, grâce à la persévérance de leurs auteurs, d'une application très-répandue ; non-seulement M. Cavé en a construit un très-grand nombre pour l'industrie particulière et ensuite pour la navigation fluviale et maritime, mais encore d'autres constructeurs se sont adonnés d'une manière toute particulière à ce système qu'ils ont su faire prévaloir.

C'est ainsi que M. Nillus, qui tout d'abord n'exécutait que des machines à balancier, a construit pour la marine de l'État des appareils à cylindres oscillants, tels que ceux du *Phénix* et du *Flambard*, qui ont été fort bien accueillis et lui ont valu la décoration et la médaille d'or à l'exposition de 1849. Depuis, il a également construit des appareils analogues pour le commerce, comme *le Castor, la Princesse Mathilde, le Chamois* et d'autres; parmi ces derniers, nous avons obtenu les tracés des machines et de la coque du *Chamois*, que nous représentons sur les pl. 8 et 9. Avant d'en donner la description, nous croyons qu'on lira avec quelque intérêt les considérations suivantes de M. Jules Gaudry, ingénieur, au sujet de la navigation à vapeur.

MÉMOIRE SUR LA NAVIGATION FLUVIALE

ET LA CONSTRUCTION DES BATEAUX A VAPEUR,

Par **M. JULES GAUDRY**, Ingénieur à Paris.

A côté des chemins de fer les mieux établis, les plus sagement exploités, chaque année voit croître, avec le trafic sur nos voies d'eau améliorées, le nombre et la puissance des bateaux à vapeur. Cette industrie prend en ce moment un immense essor; mais les tendances actuelles des constructeurs sont-elles à l'abri de toute critique? Telle est la question que je viens examiner.

Le problème sans doute : le tonnage, la vitesse, l'économie de premier établissement et d'exploitation, sont les conditions fondamentales de cette industrie ; et cependant que sont nos lignes navigables? Tantôt sinueuses comme la Seine, ou étroites comme la Saône, tantôt rapides comme le Rhône, ou pleines de sables mouvants

comme la Loire, toutes manquent de profondeur et ne peuvent en général recevoir que de légers bateaux d'une très-faible calaison.

Toutefois, des succès inespérés ont été obtenus, principalement sur le Rhône et la Saône que desservent aujourd'hui plus de 80 bateaux à vapeur, dont la vitesse en remonte atteint à l'heure près de 20 kilomètres sur la Saône, où le courant ne dépasse guère 0m 50 par seconde, il est vrai, et 15 kilomètres sur le Rhône, où l'eau coule à raison de 2 et 3 mètres et au delà (1). Rendons en passant cette justice aux bateaux des deux fleuves lyonnais, que, pour l'organisation du service, ils n'ont rien à envier aux célèbres steamers-omnibus de la Tamise : c'est le même ordre, la même régularité, la même précision dans la conduite, avec non moins d'encombrement sur la ligne. Chaque jour cinq grands bateaux viennent aborder, tant à Lyon qu'à Châlons, contre un quai de 150 mètres à peine, où chacun d'eux vient s'enchevêtrer au milieu des autres, en silence, avec adresse et promptitude. Il en est de même en route aux escales.

L'un des secrets de cette simplicité de manœuvres consiste en ce que l'embarquement et le débarquement s'opèrent à l'une des extrémités du bateau, et non près des tambours, suivant un usage trop général et souvent fatal. Combien, en effet, n'est-il pas imprudent de fournir aux voyageurs, impatients de sortir, l'occasion de se porter en masse sur une partie en porte-à-faux d'un navire qui n'a dans l'eau que quelques centimètres de pied, au risque, il y en a des exemples, de le faire chavirer, de découvrir la surface de chauffe de la chaudière inclinée et d'amener une explosion !

Les deux fleuves lyonnais, l'un si rapide, l'autre si tranquille, embrassant ainsi les deux extrémités du problème, appellent naturellement nos principales études ; mais il convient d'élargir la question en la généralisant à toutes les lignes fluviales.

I.

Trois sortes de bateaux à vapeur desservent les fleuves et rivières :

Les remorqueurs ;

Les bateaux porteurs de marchandises ;

Les bateaux à grande vitesse, exclusivement affectés au transport des voyageurs, et qui doivent joindre le comfortable à la célérité.

Parmi ces derniers, en voici trois qui naviguent dans les mêmes conditions, c'est-à-dire simultanément sur la Saône, avec un remarquable succès. Ce sont d'excellents types résumant parfaitement les tendances qu'il s'agit d'étudier. Je les désigne sous les nos 1, 2 et 3.

TABLEAU COMPARATIF DES TROIS BATEAUX DE LA SAONE (2).

Désignation.	1	2	3
Longueur du bateau.	60m	67m	80m
Largeur du bateau.	5m	4m 10	4m
Rapport entre ces deux dimensions.	1/12	1/16	1/20
Tirant d'eau maximum.	0m 70	0m 70	0m 80
Section immergée du maître-couple.	3m 50	2m 90	3m 20

(1) Quelques observations grossières en aval de Lyon, sur un point médiocrement rapide, en eau moyenne, à 10 mètres du bord et à la surface, m'ont donné 1m 43 de courant par seconde.

(2) Plusieurs de ces dimensions ne sont qu'approximatives, attendu l'impossibilité où je me suis trouvé de les obtenir avec une exactitude certaine.

Force de la machine.	70 ch.	120 ch.	200 ch.
Force de la machine par mètre de section immergée.	20 ch.	41 ch.	62 ch.
Nombre des pales à chaque roue.	14	16	16
Surface des deux pales frappantes.	1mq60	2mq90	3mq60
Rapport de la surface des pales à la section immergée du bateau.	0.45	1.0	1.12
Hauteur des pales.	0m40	0m55	0m80
Diamètre total des roues.	4m14	4m85	4m95
Diamètre total des roues réduit et compté entre le centre de pression des pales, celui-ci étant supposé au tiers de la pale, à partir du bord intérieur.	3m62	4m13	4m15
Nombre de tours de roues par minute.	32	34	37
Vitesse des pales par minute au centre de pression.	363m	440m	482m
Vitesse du bateau par minute environ (en remonte).	265m	300m	333m
Rapport de la vitesse du bateau à celle des pales. .	0.73	0.68	0.69

Le n° 1 est un excellent type de ces anciens bateaux qui ont popularisé la navigation de la Saône, et qui jouissent encore d'une réputation méritée sinon par leur marche rapide, du moins par leur solidité et leur commode installation. Ce qui caractérise ce premier type dans le tableau précédent c'est son infériorité de vitesse sans doute; d'autre part nous remarquons :

1° La faiblesse comparative de sa machine à deux cylindres verticaux avec balanciers latéraux (type Jackson), qui ne développe que 20 chevaux de force par mètre de section immergée, ce nombre de chevaux étant 41 pour le n° 2, et 62 pour le n° 3;

2° La faiblesse du rapport entre la longueur et la largeur : rapport égal à 1/12 seulement dans le n° 1, quand il est de 1/16 dans le n° 2, et 1/20 dans le n° 3;

3° L'élévation du rapport entre les vitesses des pales et du bateau; lequel est 0,73 pour le n° 1; 0,68 pour le n° 2; et 0,69 pour le n° 3.

Ce dernier est un des plus rapides et un des meilleurs bateaux connus. Nous ne saurions donc choisir un type plus convenable parmi les coques étroites, longues et effilées; sa machine à haute pression, à détente et à condensation, rappelle dans l'ensemble de ses dispositions le système à cylindre horizontal du Creusot; enfin le type n° 2, construit il y a trois ans à Paris, se distingue aussi par sa vitesse, ses dimensions toutes en longueur, sa finesse et sa remarquable élégance de forme jointe au fini du travail. Sa machine, à basse pression, à deux cylindres inclinés avec transmission directe, appartient au type connu sous le nom de mouvement de locomotive. Ce qui distingue principalement ce bateau du précédent, c'est la forme de ses façons extrêmes.

A cet égard quatre systèmes sont en présence.

Dans le type n° 2 les façons-avant sont assez courtes et droites à la ligne d'eau; il en est de même des façons-arrière, beaucoup plus longues et d'une extrême finesse; les parties sont néanmoins convenablement pleines, et le pont possède, par suite, une fort belle étendue.

Dans un grand nombre de bateaux de la Loire et de la Seine, les façons extrêmes sont convexes à la ligne d'eau; mais, dans le type contraire des bateaux du Creusot, les flancs parallèles sont beaucoup plus développés, les façons extrêmes relativement plus courtes, creusées à la ligne d'eau et terminées, pour ainsi dire, par de larges lames, tranchantes, raccordées aux flancs par des courbes prononcées.

Le type n° 3 est intermédiaire entre les précédents : il emprunte au type n° 2 ses longues façons effilées, surtout à l'arrière, et au type du Creusot ses formes concaves à la ligne d'eau, mais plus légèrement.

Nous ne possédons point encore, que je sache, sur nos rivières de France, cet autre type dit *Américain*, dans lequel, contrairement à l'usage adopté, les façons-avant, excessivement fines, occupent les deux premiers tiers de la coque, l'autre tiers comprenant à lui seul les flancs parallèles très-raccourcis et les façons-arrière.

Il convient maintenant de mettre l'un des bateaux du Rhône en comparaison avec ceux que nous venons de décrire ; je choisis le plus rapide, qui est semblable, par ses formes, au type n° 2, et par ses dimensions au type n° 3 du tableau ci-dessus.

Voici les dimensions de ce 4e type :

Longueur.	80^{m}
Largeur.	$4^{m}10$
Rapport entre ces deux dimensions. . . .	1/19.5
Tirant d'eau maximum.	$0^{m}75$
Section immergée du maître-couple. . . .	$3^{m}07$
Force de la machine.	240 ch.
Force par mètre de section immergée. . .	78 ch.
Temps de la descente (246 kil.).	8 h.
Temps de la remonte.	17 h.
Vitesse à la descente.	32 kil.
Vitesse à la remonte.	15 kil.
Vitesse obtenue en eau morte.	24 kil.

Les roues donnent en moyenne 34 tours à la minute ; elles ont 5 mètres de diamètre total et $4^{m}20$ de diamètre réduit, 16 pales chacune, et $3^{mq}60$ pour surface de deux palettes frappantes, c'est-à-dire, comme dans le type n° 3, un peu plus que la section immergée du bateau. La vitesse des pales à leur centre de pression est de 448 mètres par minute ; celle du bateau étant de 250 mètres à la remonte, le rapport entre le sillage et la vitesse des pales est de 0.51. Dans les expériences exécutées en eau morte par le constructeur, le sillage a pour ainsi dire égalé la vitesse des pales calculée au centre de pression. Enfin la descente de 246 kilomètres s'opérant en 8 heures, la vitesse du bateau atteint 533 mètres par minute, et dépasse, par conséquent, de 83 mètres celle des roues, qui ne tournent pas plus vite à la descente qu'à la remonte : d'où il suit que, indépendamment du mouvement de progression dû au moteur, le bateau est poussé par le courant seul de ce fleuve rapide à raison de $1^{m}41$ par seconde. La machine, comme celle du type n° 2 de la Saône, appartient au système dit mouvement de locomotive inclinée à 45°. Les pistons ont $1^{m}45$ de diamètre, $1^{m}20$ de course, et fonctionnent sous 1 atmosphère 1/2 de pression, avec détente au 0.7 de la course et condensation ; la vapeur est fournie par deux chaudières dites ***tubulaires en retour de flamme,*** ayant chacune leur grosse cheminée distincte, et $1^{m}50$ de surface de chauffe par cheval. Le tout est très-remarquablement exécuté.

Je passe aux bateaux porteurs de marchandises. Leur nombre est considérable, principalement sur le Rhône, où ils atteignent des proportions colossales. On les pousse en ce moment jusqu'à 140 mètres de longueur et 400 chevaux de force ; la largeur est à peu près de 7 mètres dans tous, avec $1^{m}30$ de calaison maxima, ce qui donne environ 9 mètres pour la section immergée du maître-couple. Le rapport

entre la longueur et la largeur varie de 1/14 à 1/20. La force par mètre de surface résistante varie, à son tour, de 33 à 44 chevaux, la vitesse étant à peu près pour tous de 8 à 10 kilom. par heure. La plupart de ces bateaux sortent des chantiers du Creusot, ou du moins sont copiés sur le type ci-dessus décrit de cet établissement, dont les ingénieurs, plus heureux que Bury, Miller, Jackson, et autres constructeurs anglais, ont fait du Rhône une des plus importantes lignes navigables d'Europe.

Ces bateaux, comme ceux des autres fleuves d'ailleurs, ne se distinguent que par des formes plus pleines, afin de contenir plus de marchandises.

Je ne nomme que pour mémoire, en passant, les remorqueurs proprement dits, dont le nombre abonde sur toutes nos lignes, excepté sur le Rhône. La rapidité de ce fleuve a longtemps déconcerté tout projet de remorquage; enfin sont venus ces bateaux à grappins de Verpilleux, dans lesquels le mouvement de la machine se transmet à la fois aux roues à aubes, et, par l'entremise d'une chaîne sans fin, au grappin, c'est-à-dire au grand disque armé de crocs d'acier, sorte de roue dentée qui s'accroche au fond du lit comme sur une crémaillère, en donnant un assez fort point d'appui pour remonter 600 tonnes de marchandises dans les passages les plus rapides.

Au procédé des grappins ajoutons celui des bateaux toueurs que nous voyons, dans la traversée de Paris, se haler eux-mêmes à l'aide d'une chaîne qui repose au fond du fleuve, et nous aurons énuméré les systèmes de remorqueurs fixes, qui complètent, avec les remorqueurs ordinaires à roues, le service de traction sur nos rivières de France.

Aujourd'hui, la préoccupation des constructeurs se tourne vers la possibilité de suivre indifféremment la voie des canaux et des fleuves, d'un coin de la France à l'autre. C'est un vieux problème : est-il complétement résolu? Je ne sais: mais la vérité est qu'une dizaine de bateaux de ce nouveau système font depuis deux ans un service régulier sur la Seine, la Saône, le Rhin, le Rhône et leurs canaux de jonction, et cela, chose singulière, précisément à l'aide des moyens, perfectionnés sans doute, qui furent sans succès mis en pratique il y a vingt ans.

Au premier rang des heureuses solutions du problème se placent les beaux bateaux-porteurs de M. Gache, qui font quotidiennement en dix-sept heures le transport de Rouen à La Briche, d'où ils arrivent à la Villette par le canal Saint-Denis. Leur propulseur consiste en deux étroites roues à aubes ordinaires placées à l'arrière des deux côtés d'une poupe convenablement évidée et assez évasée toutefois pour contenir la machine à vapeur, qui commande comme de coutume l'arbre de couche en son milieu.

La largeur des tambours n'excède ainsi nullement la section du maître-couple, et partout le bateau peut passer, débarrassé de l'encombrement des roues latérales sur les flancs, comme un simple chaland de transport. Voici les dimensions principales de ces navires.

Longueur du bateau.	40m
Largeur *id*.	5m
Rapport entre ces deux dimensions. . . .	1/8
Tirant d'eau sous charge de 80 tonnes. . .	0m 80
Section immergée du maître-couple. . . .	4m
Force de la machine.	20 ch.
Force par mètre de section immergée. . .	5
Vitesse à la remonte.	8 kil.

Ce qui frappe dans ce tableau c'est, pour une vitesse, il est vrai, restreinte, cette force fabuleusement réduite à 5 chevaux par mètre de surface immergée, sur un fleuve dont le courant n'a guère moins de un mètre par seconde.

Dans la conservation des roues latérales, commandées directement par le moteur placé comme d'ordinaire entre elles, il est aisé de reconnaître ce qui distingue essentiellement ce système de celui de Fulton, repris depuis par M. Cochot père, dans lequel une roue unique, placée à l'arrière, était commandée par des arbres de transmission et des engrenages, système que de fréquentes avaries ont fait abandonner, malgré ses avantages.

Un constructeur de Lyon a substitué aux deux roues latérales de Gache une large roue unique, agissant dans une cavité ménagée au milieu de la poupe et commandée aux deux extrémités de l'arbre par deux machines distinctes espacées de toute sa largeur. De là est venu à ces bateaux le nom de *Monoroue*. Le premier, très-grossièrement construit à titre d'essai, a donné d'assez bons résultats pour en faire construire un autre plus complet, mieux établi, qui paraît faire un bon service.

Ce système des monoroues rappelle les *bateaux-jumeaux* de M. Cavé, qui marchent depuis quinze ans sur la Seine, et qui ont également pour propulseur une roue unique, installée entre deux machines et entre deux coques étroites, distinctes, qui sont réunies par un pont commun sur lequel s'élèvent les chambres.

Enfin d'autres ingénieurs, notamment Cadiat, abandonnant les roues à aubes, leur ont substitué un système d'hélices à palettes multipliées, tantôt noyées comme les propulseurs maritimes, tantôt simplement trempantes jusqu'à l'axe.

Un excellent bateau du premier système, sorti des ateliers de Mazeline, vient d'apparaître sur la Seine, portant 100 tonnes de marchandises à la vitesse moyenne de 10 kilomètres à l'heure en remonte.

Un autre bateau à hélice, construit en 1852, possède en outre cette particularité qu'il se divise à volonté en deux parties; ou plutôt ce sont deux bateaux distincts, appliqués l'un devant l'autre, l'un poussant l'autre, réunis en rivière, et faciles à séparer sur les canaux, quand ils offrent dans leur réunion trop de longueur pour franchir une écluse. Celui de devant ne porte que des marchandises, il a des façons-avant pour fendre l'eau; celui d'arrière porte la machine outre des marchandises, c'est le remorqueur proprement dit.

II.

Laissant de côté ces systèmes particuliers, arrivons à l'étude des tendances qui se sont offertes à nous dans l'exposé précédent et qui intéressent les conditions fondamentales des bateaux à vapeur.

Le premier point à signaler est cette forme de navette prodigieusement effilée que reçoivent aujourd'hui les coques, non-seulement en France, mais en Angleterre; non-seulement pour les bateaux de rivière, mais pour les constructions maritimes elles-mêmes. Bien des sinistres ont eu lieu, nombre de coques se sont coupées en travers; et, à la veille de voir entreprendre d'immenses travaux sur les chantiers de nos ports, jamais il ne fut plus opportun d'étudier la convenance du rapport entre les dimensions respectives des navires ou des bateaux.

Ajoutons que l'exiguïté des emménagements, le défaut de stabilité, la tendance à vibrer et à fouetter en marche, d'une manière aussi nuisible à la conservation de la coque qu'intolérable pour les passagers, sont devenus si peu rares, qu'on épuise, en

certains pays, tous les moyens de publicité pour annoncer, comme une merveille, aux voyageurs, qu'on est en mesure de les transporter sans secousses et confortablement.

Quelque sérieuses que soient ces considérations, je ne m'y arrête pas cependant et j'aborde de suite la question même de la résistance du bateau à la marche. Plus d'un constructeur s'est posé en principe que cette résistance, proportionnelle à l'aire de la section immergée ainsi qu'au carré de la vitesse, était peu influencée par la longueur de la coque; et, partant de ce principe, on a tout sacrifié à son allongement.

Le peu d'influence de la longueur, vérifié, je le sais, pour un wagon, par Pambour, consacré de nouveau par la haute autorité des quatre auteurs du *Guide des constructeurs de locomotives*, a aussi le témoignage du général Poncelet, qui a recherché par quel coefficient il convenait de corriger, en raison de la longueur, les formules de la résistance des solides flottants, et qui juge en effet que ce coefficient doit peu différer de l'unité.

Mais prenons bien garde qu'il s'agit ici de solides prismatiques dont la longueur égale environ trois fois la largeur ou côté de la section. Or le cas de nos bateaux de rivière est bien différent.

MM. Dubuat, Duchemin, Marguerie, le général Poncelet lui-même, tous les auteurs en un mot, font croître le coefficient avec l'élévation du rapport $\frac{L}{\sqrt{A}}$, dans lequel on exprime par L la longueur et par A l'aire de la projection, sur un plan vertical, du prisme à section carrée qui servait à leurs expériences. Ce coefficient, que nous voyons d'abord décroître et atteindre la valeur minima de 1,32 lorsque le rapport $\frac{L}{\sqrt{A}} = 2$ ou au plus 3, se relève ensuite et atteint déjà 1,36 quand le rapport en question égale lui-même 5 ou 6, au delà duquel il ne paraît pas malheureusement que les expériences aient été poussées. Mais l'accroissement du coefficient, qui se signale déjà, nous permet-il de supposer qu'un rapport entre la longueur et la largeur, qui atteint le nombre comparativement énorme de 23, n'ait pas pour conséquence d'augmenter notablement, et le coefficient en question, et par suite le travail résistant?

Pour les bateaux à vapeur deux causes peuvent, ce me semble, expliquer cette augmentation de résistance :

La première est le frottement des flancs du bateau contre les molécules liquides, lesquelles doivent exercer contre eux d'autant plus de pression qu'elles éprouvent plus de retard à rentrer dans leur place naturelle, arrêtées qu'elles sont par la présence prolongée de la coque et refoulées contre elle par l'effet du rapprochement des berges sur lesquelles on voit s'élever les rides ou filets, dans l'impuissance où ils sont de s'étendre à l'aise sans résister, ainsi qu'il arriverait dans les milieux indéfinis.

L'autre cause tiendrait sans doute à un double fait bien connu, qui peut accidentellement beaucoup accroître la section résistante du bateau.

Ce fait est, d'une part, la fréquence des mouvements de bascule d'un bord à l'autre, ou d'une extrémité à l'autre, que prennent nos interminables coques sans rigidité, sans stabilité; et d'autre part, le fouettage ou serpentement en marche dont nous avons parlé, joints à la flexibilité latérale de la coque, qui présente, pour ainsi

dire, le ventre au flot à chacun de ces changements de direction si fréquents sur les rivières pour suivre le chenal.

Or, ce n'est pas la section immergée du maître-couple, telle qu'elle se comporte dans les conditions normales, qu'un constructeur prudent considère comme surface résistante du bateau dont il étudie le projet, mais bien l'aire moyenne des diverses projections, sur un plan vertical, du bateau plongeant et serpentant comme nous venons de le voir.

Donc tout ce qui peut nuire à la stabilité de la coque, tout ce qui facilite le mouvement de bascule, le fouettage, en un mot l'augmentation accidentelle de la section résistante, causera nécessairement une perte de travail.

C'est ce que la comparaison des bateaux rapides ci-dessus décrits semble prouver.

Dans les types n° 3 et n° 4 ci-dessus, le rapport entre la longueur et la largeur, analogue au terme $\frac{L}{\sqrt{A}}$ des prismes à section carrée de Dubuat, égale 1/20 ; il est 1/16 dans le type n° 2 et 1/12 seulement dans le type n° 1. Voyons maintenant quelle est leur force comparative pour des vitesses en somme assez peu différentes.

Type n° 1, par mètre carré de section immergée.	20 ch.
Type n° 2..................................	40 ch.
Type n° 3..................................	62 ch.
Type n° 4..................................	78 ch.

Les porteurs de Gache n'ont que 5 chevaux par mètre, à la vérité pour une beaucoup moindre vitesse et des propulseurs plus favorables. Mais voici d'autres exemples : *l'Aigle*, bateau de M. Cavé, qui a laissé sur le Rhin une réputation de vitesse, et dont la finesse n'a rien d'exagéré, a 1/15 pour rapport entre sa longueur et sa largeur, avec 15 chevaux au plus par mètre de surface résistante.

L'Arrogant, frégate anglaise de Penn, aux formes pleines et racourcies, dont la coupe ne passe pas pour irréprochable, a filé 10 nœuds à l'heure avec 623 chevaux de force accusés par le dynamomètre, ce qui donne seulement 10 chevaux de force pour chacun de ses 62 mètres de section immergée. *Le Jupiter*, magnifique bateau de Miller, faisant le service de Londres à Gravesend, comparable aux bateaux du Rhône par ses formes et ses dimensions, n'a, m'a-t-il été affirmé, pas plus de 120 chevaux de force. Citons enfin les célèbres steamers-omnibus de la Tamise, construits par Penn, dont nous connaissons la marche rapide, et qui n'ont, comme *l'Arrogant*, que 10 chevaux de force par mètre de section immergée, leur longueur étant environ de 75 pieds et la largeur de 10 pieds, le rapport entre ces deux dimensions étant de 1/7. 5.

Mais, hâtons-nous de le dire, ces bâtiments naviguent dans des eaux profondes et à faible courant, où les filets liquides s'épanouissent à peu près comme dans les milieux indéfinis, sans être contrariés par le rapprochement des rives. Or, les conditions de nos rivières étroites, sinueuses et peu profondes, sont bien différentes. On sait, en effet, par les expériences du général Morin et de M. Russel, combien est nuisible à la marche des bateaux cette triple circonstance. Ainsi s'expliquent peut-être ces forces de plus de 60 chevaux par mètre de section immergée, sur nos rivières, quand 10 chevaux suffisent autre part.

Quoi qu'il en soit, et sans tirer de l'exemple de *l'Arrogant* ou des bateaux de la Tamise une comparaison absolue, peut-être doit-on conclure que le dernier mot de

la science n'est pas dit sur la navigation de nos rivières et que le rapport rationnel entre la longueur et la largeur a besoin de recherches nouvelles.

Pour le moment on peut dire que, pour nos rivières étroites et peu profondes, où l'ouverture des arches de pont laisse assez de latitude, le rapport entre la longueur et la largeur ne paraît guère devoir excéder 1/12 sans compromettre la stabilité, la sécurité, la rigidité de la coque, même bien construite, sans causer une augmentation notable de résistance à la marche, sans gêner enfin la disposition des emménagements intérieurs.

Telle serait du moins la règle générale à suivre lorsque des circonstances exceptionnelles ne viennent pas forcer à s'en écarter en acceptant d'inévitables inconvénients.

Au surplus, la question n'est pas neuve : nous voyons, par les Mémoires de Marestier sur la navigation aux États-Unis, que dès le temps de Fulton on chercha par l'effilement illimité des coques à diminuer leur résistance à la marche; mais qu'on ne parvint qu'à faire des bateaux aussi dépourvus de stabilité que de sécurité, ne gagnant rien d'ailleurs du côté de la vitesse, même en eau tranquille. Aussi le rapport entre la longueur et la largeur descendit-il non pas au 1/10 seulement, mais parfois au dessous de 1/5. (Voyez le premier Mémoire de M. Marestier, art. 2.)

Il est donc au moins permis de craindre que le retour actuel à l'allongement des coques (en tout cas évidemment démesuré quelquefois) ne soit pas un progrès.

III.

Achevons cette démonstration en recherchant quelle est, pour nos quatre types de bateaux rapides, le coefficient correctif de la formule à l'aide de laquelle on obtient le travail d'un solide en mouvement dans un milieu.

Déduite du principe général et réduite à sa plus grande simplicité, cette formule peut s'offrir à nous sous la forme qui suit :

$$T = KPA \frac{(V + v)^2}{2g} V,$$

dans laquelle

T est le travail demandé;

K le coefficient que nous cherchons;

P le poids du mètre cube d'eau = 1000 kil.;

A la surface résultante du bateau, que je suppose, pour la simplicité, n'être autre que la section immergée du maître-couple;

V le sillage du bateau à la remonte :

v la vitesse du courant contre lequel lutte le bateau et que j'évalue, en moyenne, à :

2 m. par seconde pour le Rhône,

1 m. par seconde pour la Seine,

0m 50 par seconde pour la Saône.

Appliquons cette formule aux quatre bateaux rapides ci-dessus décrits, en laissant un instant de côté leur coefficient, c'est-à-dire en les supposant réduits à l'état de simple prisme. Voici les quantités de travail que nous trouvons :

Type n° 1 :

$$T = 1000 \times 3.50 \times \frac{(4.41 + 0.5)^2}{19.6} \times 4.41 = 18522^{km} \text{ ou } 244 \text{ ch.}$$

Type n° 2 :

$$T = 1000 \times 2.90 \times \frac{(5 + 0.5)^2}{19.6} \times 5 = 21750^{km} \text{ ou } 290 \text{ ch.}$$

Type n° 3 :

$$T = 1000 \times 3.20 \times \frac{(5.58 + 0.5)^2}{19.6} \times 5.58 = 32140^{km} \text{ ou } 428 \text{ ch.}$$

Type n° 4 :

$$T = 1000 \times 3.07 \times \frac{(4.17 + 2)^2}{19.6} \times 4.17 = 24323^{km} \text{ ou } 324 \text{ ch.}$$

Si maintenant nous comparons ces quantités de travail résistant de nos quatre bateaux, supposés à l'état de simple prisme, au travail moteur de leur machine respective, en nous rappelant que les roues à aubes ne transmettent que 0,65 de travail utile en moyenne, nous arrivons aux valeurs suivantes, qui ne sont autres que les coefficients exprimant la réduction de résistance due à la coupe de la coque :

Type n° 1 : $$K = \frac{70 \times 0.65}{244} = 0.19$$

Type n° 2 : $$K = \frac{120 \times 0.65}{290} = 0.28$$

Type n° 3 : $$K = \frac{200 \times 0.65}{428} = 0.30$$

Type n° 4 : $$K = \frac{240 \times 0.65}{324} = 0.48$$

Six remarques importantes sont à faire sur ces valeurs :

1° Prises d'une manière absolue et séparément, peut-être n'ont-elles pas toute l'exactitude que je désire : car les roues des quatre bateaux comparés ne fonctionnent pas dans des conditions tout à fait analogues de surface ou de vitesse relatives, et nous n'avons pas la certitude qu'elles ne s'écartent pas en plus ou en moins du rendement 0.65 d'effet utile. Toutefois, considérant qu'elles paraissent sensiblement se comporter de même dans la masse liquide, je crois pouvoir admettre les coefficients qui précèdent comme peu éloignés de la vérité, jusqu'à ce que de complètes expériences aient déterminé la règle précise qui manque encore à la pratique.

2° Comparés ensemble, au contraire, ces coefficients viennent remarquablement à l'appui de ma thèse, puisque nous les voyons croître avec l'allongement de la coque : les types n°s 2 et 3 sont à peu près dans les mêmes conditions de dimensions respectives, aussi leurs coefficients diffèrent-ils peu ; enfin, le moins allongé des deux est le type n° 2, et c'est à lui que correspond justement le plus faible des deux coefficients.

3° L'énorme élévation du coefficient du type n° 4 (du Rhône), si bien taillé cependant pour la course, s'explique dans mon hypothèse par ce fait que sa longueur, égale à celle du type n° 3 de la Saône, est beaucoup plus nuisible sur le Rhône en raison des sinuosités multipliées du chenal et de la violence du courant, qui doivent singulièrement tourmenter la coque et favoriser les flexions latérales.

L'exemple de ce bateau achève encore de prouver qu'il ne suffit pas d'effiler une

coque pour diminuer sa résistance, mais qu'il doit exister entre ses dimensions respectives un rapport voulu, rapport variable avec les lignes sur lesquelles on navigue, qui, en tout cas, même sur les rivières tranquilles comme la Saône, ne doit pas atteindre l'élévation que nous offrent les types nos 2 et 3, ainsi que la plupart des bâtiments de construction récente.

4° Le coefficient du type n° 1 est un peu inférieur à celui des bateaux-postes sur canaux, que le général Morin a directement déduit de ses belles expériences dynamométriques sur le canal de l'Ourcq. Il est, d'autre part, notablement supérieur au coefficient des navires en mer, que Campaignac, ainsi que MM. Julien et Bataille n'estiment pas au-dessus de 0,07. De là deux conséquences :

1° Les bateaux à vapeur de nos rivières, dans les meilleures conditions, ne se comportent, au point de vue de la résistance, guère autrement que les bateaux-postes sur canaux ;

2° La section du cours d'eau, égale à cinq ou six fois seulement la section du bâtiment à vapeur à grande vitesse, est loin de suffire pour que le milieu liquide puisse être réputé indéfini, ainsi que de graves auteurs ont pu l'enseigner après avoir considéré la marche lente des bateaux halés par des chevaux.

5° La comparaison des coefficients ci-dessus nous conduirait peut-être à supposer que leur valeur augmente en principe, non-seulement en raison des formes, mais aussi avec la vitesse des bateaux ; supposition qui n'a rien d'absurde ni rien d'incroyable si on se rappelle à quel point augmentent les vibrations de la coque et le trouble de la masse liquide quand la vitesse elle-même augmente ; mais ce n'est qu'avec une extrême réserve, et sous forme de simple doute, que j'ose émettre un tel principe.

A la vitesse du bateau-poste il a été reconnu, en France, par Morin, en Angleterre, par Russel, que la résistance du bateau à la marche diminuait par suite de sa position relativement à une certaine vague ou onde qu'on a nommée *onde solitaire ;* mais cette résistance ne pourrait-elle pas croître aux vitesses supérieures, comme l'on sait qu'elle croît aux vitesses inférieures? Voilà la question.

6° S'il nous est démontré que la vitesse du bateau n'influe pas sur la valeur du coefficient, s'il est certain que la faiblesse comparative du coefficient du type n° 1 ne tient qu'à sa coupe et à ses dimensions relatives, nous serons conduits à la plus grave des conclusions : elle va ressortir de la comparaison des types nos 1 et 3 opposés par le rapport de leur longueur à leur largeur.

Voici ce qu'il faudra de travail moteur pour faire marcher le premier à la vitesse du type n° 3, et réciproquement :

Pour le type n° 1 nous aurons :

$$T = 1000 \times 3^{m}50 \times \frac{(5.58 + 0.5)^2}{19.6} \times 5.58 = 35154^{km} \text{ ou } 468 \text{ ch.},$$

ce qui, multiplié par le coefficient ci-dessus K = 0.19, nous donne pour ce bateau, filant 20 kilomètres à la remonte de la Saône, comme le type n° 3,

$$468 \times 0.19 = 88 \text{ chevaux}.$$

Enfin, ce nombre devant être augmenté dans la proportion de la perte d'effet utile des propulseurs, il vient pour le travail moteur à demander aux machines :

$$\frac{88}{0.65} = 135 \text{ chevaux},$$

soit par mètre de section immergée

$$\frac{135}{3.50} = 33 \text{ chevaux environ,}$$

c'est-à-dire à peu près moitié moins que le type n° 3, beaucoup mieux effilé et admirablement taillé pour la course, les deux bateaux ayant, d'ailleurs, ce qu'il est important de noter, à peu près la même capacité intérieure.

Pour le type n° 3, supposé réduit à la vitesse du type n° 2, les calculs analogues donnent

$$T = 1000 \times 3.2 \times \frac{(4.41 + 0.5)^2}{19.60} \times 4.41 = 16934^{km} \text{ ou } \frac{16934}{75} = 226 \text{ ch.,}$$

ce qui, multiplié par le coefficient ci-dessus $K = 0{,}30$, corrigeant, d'ailleurs, le résultat en raison de la perte d'effet utile des roues, donne

$$\frac{226 \times 0.30}{0.65} = 105 \text{ chevaux,}$$

soit par mètre de section immergée

$$\frac{105}{3.20} = 33 \text{ chevaux,}$$

c'est-à-dire 13 chevaux de plus que ne possède le type n° 1.

IV.

A la question de l'allongement des coques de bateaux se lie trop étroitement celle des façons-extrêmes pour que je puisse me dispenser d'en dire un mot en terminant. J'ai signalé quatre types; j'en ai spécialement étudié deux : celui du type n° 2, aux façons droites à la ligne d'eau, et celui aux façons concaves du Creusot.

Le type n° 2 est un double coin mince et allongé fendant le flot, laissant écouler, sans grand déplacement en ligne droite, contre ses parois les molécules liquides. Rien ne paraît assurément plus rationnel que ce type. Mais on remarque dans les coques de ce système qu'à un ou deux mètres de la proue, les molécules liquides, au lieu de suivre la ligne d'eau comme on s'y attendait, jaillissent contre la coque, parfois à 60 centimètres de hauteur, ce qui semblerait indiquer que les façons-avant ont besoin d'être évidées comme dans l'autre type, où l'on ne voit pas ce phénomène se produire. Toutefois cet effet doit être évidemment très-faible, sinon le flot est refoulé comme par un piston.

JULES GAUDRY.

CONSTRUCTION

DES NAVIRES A COQUE DE FER (1).

Comme nous n'avons pas encore décrit jusqu'à présent, avec les appareils moteurs des navires à vapeur, la disposition et le tracé des coques qui les renferment, il nous a paru nécessaire, avant d'entrer dans les détails relatifs au bateau à vapeur *le Chamois* pris pour exemple et représenté dans les planches 8 et 9, de donner quelques notions sur la construction des navires en fer en général.

Les Anglais font remonter l'origine des bateaux en fer à l'année 1805. A cette époque, ils étaient seulement employés dans la navigation des canaux. Le premier bateau à vapeur en fer fut construit en 1821 par une compagnie formée par MM. Manby et Napier. Ce bateau se rendit de Londres au Hâvre, remonta la Seine et arriva à Paris dans l'été de 1822.

Peu après cette époque, M. Cavé commença aussi à construire des bateaux à vapeur en fer pour la Seine.

Les navires en fer qui comme toutes les innovations avaient été accueillis avec une certaine défiance, sont actuellement adoptés généralement et se propagent de plus en plus. L'expérience a répondu victorieusement aux diverses objections que l'on avait soulevées dans l'origine contre ce système, et maintenant les nombreux avantages que les navires en fer présentent sur ceux en bois, ou en bois doublé de cuivre, sont bien établis.

Ces navires joignent à une légèreté très-grande une solidité et une résistance aux efforts de la mer bien plus grandes que les autres. On a vu, de l'aveu de marins expérimentés, des navires en fer résister sans avaries à des chocs qui auraient suffi pour détruire entièrement des navires en bois.

Les pièces qui forment la coque sont rivées sur tout leur contour de telle sorte que l'enveloppe, avec la *quille*, l'*étrave* et l'*étambot*, ne forme qu'une seule et même pièce métallique indépendante de la *membrure*. Celle-ci, que l'on pourrait définir le *squelette* du navire, n'est pas absolument nécessaire pour relier les bordages entre eux; son rôle est de les

(1) Nous avons extrait ces indications, pour la plupart, de l'ouvrage publié par M. Dupuis de Lôme sur la construction des navires en fer.

consolider en résistant aux chocs et aux pressions extérieurs, et d'anéantir les trépidations de la coque; de servir de points d'attache supérieurs invariables pour les machines, et de transmettre, en le répartissant d'une manière égale, le poids du pont et du chargement de la cale sur la surface intérieure des tôles.

Les cornières en fer présentent sur les allonges en bois un grand avantage pour former de la *membrure* un réseau continu. Le poids de ces *membres* n'est qu'une fraction bien moindre du poids total de la coque que dans les bâtiments en bois. En outre, l'établissement facile de cloisons transversales, qui offre un moyen de liaison très-puissant, augmente considérablement la sécurité, puisqu'en faisant ces cloisons étanches on peut diviser l'intérieur du navire en compartiments isolés les uns des autres, de telle sorte que si, par suite d'une avarie, l'un de ces compartiments faisait eau, les autres suffiraient pour maintenir le navire à flot.

Un grand avantage est aussi la facilité que l'on a dans la construction, par la propriété qu'a le métal de se prêter à toute espèce de forme.

Certains constructeurs cherchant plus particulièrement à donner une grande légèreté à leurs navires, ont diminué le nombre des liaisons, et, selon plusieurs auteurs, ne donnent, à solidité égale, à leurs coques que la moitié du poids des coques en bois. D'autres, au contraire, s'attachant plus spécialement à obtenir une solidité à toute épreuve, s'écartent moins du poids ordinaire des navires en bois. Suivant M. Dupuis de Lôme, en Angleterre le poids varie, pour les bâtiments de mer, de 0,20 à 0,46 du déplacement total en charge.

La durée des bâtiments en fer est beaucoup plus longue que celle des navires en bois; l'oxydation qui a lieu d'une manière parfaitement uniforme sur tout l'extérieur du métal attaque la coque bien moins que la pourriture du bois; d'ailleurs les moyens de combattre l'oxydation sont bien plus faciles et plus efficaces que ceux que l'on pourrait employer pour conserver le bois. L'entretien des coques en fer est facile et peu coûteux : M. Grantham estime que les bâtiments en bois coûtent autant d'entretien dans une année que ceux en fer en 5 ans.

Une particularité intéressante, c'est que l'oxydation agissant toujours de la même manière, la coque d'un grand bâtiment, dont les tôles sont très-épaisses, offre beaucoup plus de durée comparativement que celle d'un navire de faible dimension.

Parmi les divers préservatifs que l'on a imaginés contre l'oxydation, celui qui a prévalu jusqu'à ce jour, malgré son peu de durée, est la peinture au minium. On procède en général de la manière suivante : Dès le montage de la quille, de l'étrave, de l'étambot et de la membrure, on donne une bonne couche de minium. Cela fait, on enlève successivement toutes les pièces, on perce les trous des rivets, puis on assemble et on monte entièrement le navire, en ayant le plus souvent le soin de mettre du feutre gras sous les pièces en bois. Le bâtiment terminé, on gratte et

on brosse à l'intérieur et à l'extérieur toutes les parties en fer, on passe une couche d'huile mêlée de térébenthine, puis une nouvelle couche de peinture au minium. Un peu avant le lancement, on donne une nouvelle couche de minium sur la carène.

Il convient, quoique cela se fasse peu, de renouveler la peinture au minium de la carène une fois par an. La plupart des navires restent quatre ou cinq ans sans nouvelle peinture. Quelques constructeurs ont imaginé de goudronner les coques en fer.

Un point remarquable, c'est que la corrosion des rivets est bien moins grande que celle des chevilles en fer servant à relier les pièces des coques de navires en bois. L'expérience a démontré que, soit par suite de l'acide du bois, soit par une autre cause, le fer sur fer s'oxyde moins que le fer sur bois.

Du reste, l'oxydation se produit, comme nous l'avons dit plus haut, d'une manière uniforme, et les rivets conservent une forme proportionnelle à l'épaisseur des tôles.

La corrosion de l'intérieur des tôles, de la membrure, des *barrots*, etc., est presque nulle. En outre, l'intérieur de la cale se conserve beaucoup plus propre que dans les bâtiments en bois; il est exempt d'exhalaisons fétides et de vermine; dans les pays chauds, l'air y est continuellement rafraîchi par l'eau de la mer en raison de la conductibilité du métal.

La capacité intérieure, à même enveloppe extérieure, est sensiblement plus vaste dans des bâtiments en fer que dans ceux en bois, en raison de la moindre épaisseur de la carène.

On avait opposé à l'adoption des navires en fer, pour la marine, deux objections importantes : La boussole, disait-on, située au milieu d'une masse de fer déviera et ne sera plus d'aucune utilité. En second lieu, ces carènes en tôle souffriront beaucoup plus de l'effet des boulets qui en arracheront des plaques entières, que les carènes en bois dans lesquelles le boulet pénètre en faisant un trou.

On est arrivé à parer au premier de ces inconvénients en compensant la déviation qui se produit en réalité sur l'aiguille aimantée, le bâtiment devenant lui-même un véritable aimant dont le pôle nord varie suivant la position du navire par rapport au méridien de la terre; et à cet effet, il est important de ne pas changer la boussole de place, la déviation variant d'une place à l'autre du navire.

Quant à la seconde objection, l'expérience a démontré qu'elle était sans fondement. En effet, lorsqu'un boulet frappe la carène d'un navire en fer, soit au milieu d'une plaque du *bordé*, soit sur un joint même, le projectile traverse en faisant un trou, sans arracher les rangs de rivets.

Le seul inconvénient que présentent les carènes en fer comparées à celles en bois doublé de cuivre, est une plus grande saleté à l'extérieur, les coquillages s'y attachant plus volontiers.

PRIX DE REVIENT DES NAVIRES EN FER. — En Angleterre, à Liverpool,

le prix du tonneau pesant de la coque d'un bâtiment en fer (en y comprenant le bordé en bois du pont et, le plus souvent, aussi un pavois en bois au-dessus du pont des gaillards) ne varie guère, suivant M. Dupuis de Lôme, de 38 à 40 livres sterling (950 à 1,000 fr.). Les bâtiments les plus avantageux sous ce rapport sont ceux qui emploient des fers de dimensions moyennes.

Pour un bateau à vapeur de 200 à 300 chevaux de force, le tonneau de poids de coque coûte 40 livres sterling (1,000 francs); le tonneau de jauge coûte 40 livres sterling multipliées par le rapport qu'on aura établi entre le poids de la coque et le tonnage.

Pour les bâtiments en fer les plus légers, le tonneau de jauge coûte 16 livres sterling (400 fr.). Pour les bâtiments très-solides, d'un poids égal à celui des bâtiments en bois les plus forts, on l'évalue à 24 livres sterling (600 fr.).

Le prix des bâtiments écossais est moins élevé. Pour ces navires, le tonneau pesant coûte 33 livres sterling (825 fr.) au lieu de 40.

En France on peut évaluer à 778 fr., par tonneau pesant de coque, le prix des navires en fer. Ceux en bois coûtent 650 fr. Mais un bâtiment à vapeur de 450 chevaux aura, en fer, un déplacement de 2,140 tonneaux, et en bois, de 2,500 tonneaux.

Détails de construction des coques en fer. — Les principales pièces servant à relier les deux côtés de la coque du navire sont la *quille*, l'*étrave* et l'*étambot*.

La quille est, comme on le sait, une pièce ou sorte de lame de hauteurs diverses suivant les navires et qui s'étend sous la carène dans toute la longueur du bâtiment.

On distingue, dans les navires en fer, deux espèces de quilles : les quilles hautes et les quilles basses. Dans les bâtiments à vapeur on fait surtout usage de quilles basses, et particulièrement dans ceux destinés à la navigation des rivières, afin de pouvoir traverser les bas-fonds.

Ces quilles sont en outre massives ou creuses. Les quilles massives sont formées de barres de fer de section trapézoïdale ou rectangulaire et de 6 à 8 mètres de long. Ces pièces *s'écarrent* ensemble par un joint oblique et forment une barre qui s'étend sous le navire, dans toute sa longueur. Le bord inférieur des tôles du *bordé*, ou de l'enveloppe du bâtiment, se replie à angle droit ou à peu près pour venir se river aux faces latérales de la quille.

Les quilles creuses sont en général formées de pièces de tôle recourbées quatre fois à angle droit dans toute leur longueur et qui viennent se river, en formant joint à clin, au gabord ou planche de tôle inférieure du bordé, de chaque côté, cette tôle n'étant pas dans ce cas repliée à angle droit comme cela a lieu avec les quilles massives. Les écarts des pièces qui composent ces quilles se forment en les plaçant bout à bout et en y adaptant à l'intérieur une pièce de tôle fixée par trois rangs de rivets à chacune des deux pièces qu'elle assemble. Souvent, pour éviter de courber la tôle à angles vifs, on

la courbe en l'arrondissant, de telle sorte que la section de la quille à sa partie inférieure soit un arc de cercle ou à peu près. Ce genre de quille se fixe de même au bordé, par un joint à clin.

· Pour les quilles de section plus élevée, chaque bout, dans le sens de sa longueur, est formé de trois ou d'un plus grand nombre de pièces assemblées. Ainsi on en forme en rivant à chaque gabord une bande de tôle courbée à angle droit, de telle sorte que la face ou le côté de l'angle non rivé soit vertical et forme une face latérale de la quille. Sous ces deux lames disposées de champ, on en rapporte une troisième courbée deux fois à angle droit. Ses deux parties verticales se rivent extérieurement aux premières lames, tandis que la partie horizontale forme le dessous de la quille.

Au lieu d'employer une bande de tôle courbée deux fois à angle droit, on peut faire usage d'une plate-bande fixée aux parois latérales de la quille par le moyen de cornières ou fers d'angle disposés intérieurement ; un des côtés de l'angle de la cornière se rivant à une des parois latérales, l'autre à la plate-bande inférieure.

On fait des quilles de ce genre qui ont jusqu'à 50 centimètres de hauteur.

On a aussi proposé de supprimer la quille proprement dite et de la former simplement en rivant ensemble les bords inférieurs des tôles de chaque gabord, ces bords étant repliés à angle droit ou arrondis. Ce genre de quilles a été abandonné, l'expérience ayant démontré qu'il n'était guère possible de les préserver de la corrosion intérieure, et les réparations en étant très-difficiles.

Il faut aussi éviter, dans les navires en fer, de faire usage de quilles ou fausses quilles en bois.

L'*étrave* est une pièce qui, placée à la proue ou partie antérieure du navire, forme en quelque sorte le prolongement de la quille et sert à relier la partie antérieure des tôles du bordé. Elle s'élève un peu au-dessus de la ligne de flottaison en charge et se termine par la *guibre* qui est la partie la plus avancée de la carène.

On distingue aussi deux sortes d'étraves : les étraves massives et les étraves creuses. Les étraves massives sont formées généralement d'une pièce de fer unique à section rectangulaire ou plus souvent trapézoïdale à laquelle vient se river l'extrémité antérieure des tôles du bordé. Ces étraves s'allient avec tous les genres de quilles, avec lesquelles elles s'écarvent ou se raccordent au moyen d'un retour ayant environ 1 mètre de longueur à partir de l'angle du *brion*, pièce qui finit la quille.

Les étraves massives se mettent aussi à des bâtiments sans quille, la virure de tôle qui en tient lieu et dont les côtés se relèvent vers l'avant et vers l'arrière vient saisir la pièce du brion de la même manière que si cette tôle eût fait quille d'un bout à l'autre.

Les étraves creuses sont généralement formées d'une pièce de tôle

courbée suivant sa longueur, de telle sorte que sa section soit arrondie ou parabolique. Cette pièce se rapporte bord à bord avec la tôle du bordé avec laquelle elle s'assemble au moyen de bandes de tôle placées intérieurement sur les deux joints et rivées avec le bordé par deux rangs de rivets et avec l'étrave aussi par deux rangs de rivets.

On raccorde les étraves creuses avec la quille en leur donnant une courbure aussi petite que possible sans altérer l'homogénéité du métal.

L'*étambot* est une pièce qui remplit, à l'arrière du navire, un rôle analogue à celui de l'étrave à l'avant. L'étambot forme avec la quille un angle presque droit, cette pièce devant supporter le gouvernail. Les étambots sont aussi pleins ou creux. Les étambots pleins s'écarvent avec la quille de la même manière que les étraves pleines, au moyen d'un talon venu de forge avec la pièce qui forme l'étambot. Cette pièce est saisie par les tôles du bordé par deux rangs de rivets.

Les étambots creux sont formés de bonne tôle courbée deux fois à angle droit, qui s'écarve avec les extrémités du bordé en se juxtaposant bord à bord et se fixant au moyen de bandes de tôle intérieures, de la même manière que les étraves creuses. A la face postérieure de l'étambot se fixe dans toute sa longueur une barre de fer dont la surface contiguë au gouvernail est évidée circulairement pour recevoir, à 4 ou 5 millimètres, la mèche arrondie du gouvernail. Cette barre évidée est assujétie par des boulons fraisés disposés de 30 en 30 centimètres. Les ferrures du gouvernail emboîtent le tout, se fixant avec un boulon sur les côtés de l'étambot et avec deux sur les tôles. Ces ferrures servent encore à consolider le tout.

Quelquefois les étambots creux ne sont pas munis de cette barre évidée; alors on leur donne la forme arrondie que nous avons mentionnée déjà pour les étraves.

Les bâtiments en fer qui ont une hélice dans le plan diamétral sont munis de deux étambots; le premier est traversé par l'arbre de l'hélice, et le second supporte l'extrémité de cet arbre en même temps que le gouvernail.

La *membrure* ou le squelette du navire se compose de *membres* simples ou doubles disposés suivant des plans transversaux au bâtiment à des distances variables les unes des autres. Ces distances, pour les bâtiments de mer, sont de 0^m30 ou 0^m50 vers le milieu, puis elles vont en augmentant graduellement vers les extrémités où elles varient de 0^m40 à 0^m90.

Les membres simples sont faits d'une cornière en deux ou trois pièces écarvées qui se rivent à la carène du bâtiment d'un bord, ou flanc, à l'autre. Ces cornières sont simplement des fers d'angle dont la section présente la forme d'une équerre à côtés égaux ou inégaux. L'un des côtés de ce fer d'angle (le plus petit s'ils sont inégaux) se fixe, par des rivets distants de 15 centimètres les uns des autres, à l'intérieur de la carène. L'autre côté du fer d'angle ou cornière est dans un plan perpendiculaire, ou à peu près, au flanc du navire.

Du reste, comme le plan de ces membres est toujours transversal au

navire, il est évident que, vers les extrémités du bâtiment, l'angle des cornières ne peut plus être droit. On achète, dans le commerce, le fer d'angle courbé à angle droit, et c'est à l'ouvrier à ouvrir ou fermer plus ou moins cet angle, suivant la position qu'occupera le membre dans le navire. Et comme il est plus facile d'ouvrir cet angle que de le fermer, on préfère en général disposer inversement les membres de l'avant et ceux de l'arrière ; c'est-à-dire qu'à l'avant, le côté normal du fer d'angle est en avant du côté rivé, tandis que, à l'arrière du bâtiment, le contraire a lieu. De la sorte, l'angle des cornières, s'il n'est pas droit, est toujours obtus. Du reste, vers les extrémités, pour n'avoir pas d'équerrage trop obtus, on dévoie les membres.

Comme nous l'avons dit plus haut, un membre simple se compose de deux ou de trois pièces écarvées ensemble. S'il y en a deux, l'*écart* ou jointure se trouve au-dessus de la quille ; s'il y en a trois, la pièce intermédiaire est située au fond de la cale transversalement à la quille, d'un bord à l'autre. Pour former les écarts, on tourne les pièces en sens inverse l'une de l'autre, et on assemble par deux rivets les extrémités appliquées l'une contre l'autre de leurs faces normales au flanc du navire.

Les membres doubles se forment en rivant à la face libre de chaque cornière une seconde cornière disposée inversement, c'est-à-dire que son autre face, au lieu de s'appliquer contre la carène, s'étend dans une courbe parallèle à cette dernière à la distance de toute la largeur de sa face normale. Cette disposition donne une force beaucoup plus considérable que si les deux cornières, ayant leurs faces normales appliquées l'une contre l'autre, étaient toutes deux rivées à la tôle par leur autre face.

Les écarts des membres doubles se forment en plaçant bout à bout deux cornières que l'on réunit par une bande de fer rivée à leurs faces normales au bordé. La cornière de renfort qui croise ce joint doit alors se recourber par dessus cette petite bande de fer. Un membre double complet se compose de cinq pièces dont les écarts se croisent.

L'emploi des membres doubles est de beaucoup préférable à celui des membres simples. Un membre simple de même force qu'un double devrait avoir près de deux fois le poids de ce dernier.

Les cornières qui composent les membres ont de 7 à 15 centimètres de côté. Dans les grands bâtiments, la face des cornières que l'on rive au bordé n'a pas plus de 9 centimètres de largeur.

Dans la plupart des navires, on renforce encore les membres par des *varangues*, espèces de chevrons ou cloisons transversales servant à relier le fond du navire. Ces pièces doivent aussi supporter la carlingue, la plus grosse et la plus longue pièce du fond de la cale, qui s'étend dans la longueur du navire au-dessus de la quille, et qu'on appelle aussi par suite *contre-quille*.

Dans les bâtiments légers, les varangues ne sont que la continuation des membres, sans renfort ; on est alors obligé de fixer contre la cornière

simple formant le membre un bout de cornière renversée présentant une face horizontale sur laquelle on établit la carlingue, que l'on fixe par des boulons.

Dans les bâtiments à balanciers, dans lesquels on a cinq carlingues, il vaut mieux disposer une cornière continue fixée à la membrure, occupant transversalement le fond du navire. Ou bien encore, on fixe de la même manière une tôle verticale diminuant graduellement de hauteur à droite et à gauche, de telle sorte que son bord supérieur soit une ligne horizontale s'étendant d'un côté à l'autre de la cale, tandis que le bord inférieur rivé au membre ou cornière est arrondi suivant la forme du fond de la carène. Au bord supérieur de cette tôle se fixent une ou deux cornières dont les extrémités viennent se river sur le membre simple.

Quelquefois, le bas de cette tôle, au lieu d'être simplement rivé contre le membre, est serré entre deux cornières qui ne se prolongent jamais au delà du point où la tête verticale a pour hauteur deux fois le côté d'une cornière; et on s'arrange pour que ce prolongement cesse un peu au delà des carlingues latérales des machines.

Aux extrémités du navire, la tôle formant les varangues n'est plus, comme il est facile de s'en rendre compte, qu'un triangle long et étroit.

Les carlingues se font encore quelquefois en bois; ces pièces, qui se fixent par le moyen d'équerres en fer aux cornières des varangues, servent à porter la machine dans les bateaux à vapeur.

On fait aussi des carlingues formées de quatre faces en tôle réunies intérieurement par des cornières longitudinales qui en forment les angles. Ces pièces sont munies, à l'intérieur, de cloisons transversales qui servent à les consolider.

Souvent les carlingues se prolongent au delà de la chambre des machines. Alors on les fait converger, et elles finissent par se confondre en une seule.

Le *bordé*, ou la tôle qui forme la carène proprement dite, est formé de pièces de tôle de $2^{m}40$ de long sur $0^{m}60$ de large au *maître-couple*, c'est-à-dire à l'endroit de la carène dont la section est la plus grande. Ces pièces de tôle vont, en se rétrécissant, vers les bouts du navire.

Les constructeurs anglais font varier, entre bâtiments analogues, l'épaisseur des tôles dans le rapport d'une de leurs dimensions ou dans le rapport de la racine cubique du produit de leurs trois dimensions. Pour le flanc du même navire, l'épaisseur des tôles peut varier de 2,5 à 9 millimètres.

Une série de tôles rivées ensemble et formant une bande qui s'étend dans toute la longueur du navire, de l'étrave à l'étambot, prend le nom de *virure*. Les virures supérieures s'étendent dans les arrière-ronds jusqu'aux environs de la *jaumière*, ouverture que traverse la partie supérieure de la mèche du gouvernail, et elles se continuent d'un bord à l'autre, parallèlement au plat-bord. Les virures inférieures aboutissent ou à l'étambot ou au can des virures supérieures.

Deux virures contiguës s'assemblent par un joint à clin ou par un joint plat (ou à franc bord). Ce dernier joint consiste, comme on sait, à poser bord à bord les deux pièces au lieu de les superposer comme dans le joint à clin, et à les relier par une bande intérieure. Le joint à clin est préférable pour les virures inférieures, tandis que le joint plat s'applique plus particulièrement aux œuvres-mortes, où la muraille devient presque verticale.

Les pièces de tôle dont se composent les virures sont écarvées entre elles et le plus longues possible. Il faut avoir soin d'alterner la position des joints ou écarts de deux virures contiguës, de manière que les écarts ne se correspondent que de deux en deux, ou mieux de trois en trois virures, afin d'éviter que le navire n'ait une section faible. Les écarts des virures peuvent se faire en disposant les deux tôles bout à bout ou en les assemblant par un joint en biseau.

Les bandes intérieures qui servent à former ou à consolider les écarts des tôles d'une même virure, et ceux des virures entre elles, forment tout un réseau intérieur. Il est bon, pour plus de solidité, de river celles de ces bandes qui sont transversales à celles qui sont longitudinales; mais comme dans ce cas ces dernières éloigneraient les premières de toute leur épaisseur de la tôle du bordé, on est obligé de mettre un remplissage en métal entre les bandes transversales et le bordé.

Voici, selon M. Dupuis de Lôme, les meilleures proportions à adopter pour les rivets servant à l'assemblage du bordé (1):

Pour une tôle dont l'épaisseur est égale à 1, on emploie des rivets dont le diamètre est égal à 2.

L'écartement des rivets de centre en centre sera de 5; et comme leur diamètre est 2, l'intervalle entre eux ne sera plus que 3;

Dans les joints à clin de deux lignes de rivets, on espace ceux-ci à 7.

Un puissant moyen de liaison usité en outre dans les navires en fer, est l'emploi des cloisons transversales. Celles-ci sont généralement au nombre de quatre : une à l'avant, une à l'arrière et deux au milieu, entre lesquelles est située la chambre des machines. Dans les grands bâtiments, le nombre de ces cloisons s'élève quelquefois à six.

Ces cloisons sont en tôle et se fixent au bordé par le moyen de deux cornières qui les encadrent. Elles sont en outre renforcées dans la cale au moyen de cornières verticales, disposées à 1 mètre de distance les unes des autres.

Ces cloisons s'élèvent jusqu'au pont des gaillards, ou seulement à 40 ou 50 centimètres des ponts, pour permettre la circulation de l'air. Elles sont munies de portes en bois, ou mieux en tôle, que l'on peut au besoin calfater parfaitement et rendre tout à fait hermétiques en cas d'avaries d'un des compartiments du vaisseau, ou en cas d'incendie.

Les pompes dont les fonctions sont très-rares dans les bâtiments en fer,

(1) Nous engageons, à ce sujet, nos lecteurs à revoir les données que nous avons publiées dans le vol. VIII de ce Recueil, page 174, sur les proportions des tôles et des rivets.

si ce n'est pour en retirer de l'eau introduite à dessein, peuvent communiquer avec tous les compartiments à travers les cloisons, par des joints étanches.

Les carlingues qui traversent les cloisons sont dans ces endroits entourées de colliers de cornières. Les rivets d'assemblage de ces cloisons ont en général 2 centimètres et sont distants les uns des autres de 9 centimètres de centre en centre.

Il existe diverses pièces des navires en fer que l'on a continué longtemps à faire et que l'on fait encore quelquefois en bois. Tels sont les *barrots* ou *baux*, sorte de solives ou poutres transversales au vaisseau, s'étendant d'un flanc à l'autre pour raffermir le bordage et soutenir les tillacs. On appelle *maître-bau*, le bau ou barrot le plus rapproché du maître-couple; *bau de dalle*, le premier vers l'arrière, et *bau de lof*, le dernier vers l'avant. De même les *faux baux*, pièces semblables aux baux, et qui sont en général placées à deux mètres de distance l'une de l'autre sous le tillac des grands vaisseaux pour en former le faux pont; les *bauquières*, bordages d'épaisseur qui règnent intérieurement dans toute la longueur du vaisseau et sur lesquels portent les baux ou barrots; les *élongis*, sorte de consoles extérieures dont les principales supportent les paliers de l'arbre des roues; les *panneaux;* les *étambrais* servant à affermir et à tenir les mâts, etc. Néanmoins, toutes ces pièces se font aussi en fer.

Les seules pièces que l'on préfère en général exécuter en bois sont les *épontilles*, pièces verticales servant à soutenir les ponts supérieurs. On fait aussi des épontilles en fer rond massif, mais elles se faussent plus facilement que le bois, qui du reste, à cet endroit, se détériore peu. Il vaudrait mieux donner aux épontilles en fer une forme tubulaire ou les faire de quatre cornières adossées.

De même, malgré quelques essais tentés pour introduire l'usage du fer pour le bordé des ponts, on a continué à faire en bois ce bordé, et en particulier celui des ponts des gaillards.

Le gouvernail se fait aussi en fer. On distingue des gouvernails en fer de deux espèces : ceux à mèche pleine, et ceux à mèche creuse en tôle. Ces dernières mèches sont nécessairement d'un diamètre plus considérable que les autres, mais, à résistance égale, elles sont beaucoup plus légères.

SUR LA FORME

A DONNER AUX NAVIRES A VAPEUR,

Par **M. FINCHAM**, de Londres (1).



« La grande extension qu'a prise la navigation à vapeur, a provoqué plusieurs expériences qui malheureusement n'ont point été établies dans un ordre de séries convenable.

« Quoique l'expérience ait déterminé les conditions les plus avantageuses à la construction des navires à vapeur, les opinions sont néanmoins encore divisées, si divisées qu'elles entravent par cela même le cours des perfectionnements que l'importance de la marine nous fait voir aujourd'hui comme un grand désir national.

« Un grand nombre d'ingénieurs ont, il est vrai, donné le moyen de déterminer la meilleure forme applicable aux navires à vapeur, mais aussi beaucoup sont loin du but qu'ils se proposent. En considérant la dernière méthode adoptée pour perfectionner cette forme, on verra clairement qu'on rend les expériences trop complexes, et si un progrès résulte d'un tel procédé, la véritable cause est souvent éloignée de celle que l'on pense.

« Il est moins difficile de se rendre compte de la meilleure application des lignes d'eau aux navires à vapeur qu'aux navires à voiles, en ce que, dans les premiers, la forme est choisie selon le meilleur rapport à la surface directe, tandis que, dans les derniers, l'effet propulseur agit plus ou moins obliquement, suivant la direction de leur course au travers de l'eau.

« Connaissant alors la résistance directe produite par les bateaux à vapeur, il y a plus de chance de bien déterminer le rapport de la longueur à la largeur.

« Il existe ici une limite qu'on ne doit pas dépasser dans les bateaux à voiles, et qui peut évidemment s'étendre aux navires à vapeur, qui ont leur puissance motrice appliquée dans la direction de leur longueur. On a obtenu de très-bons résultats avec des rapports de 1 à 6 et de 1 à 8, résultats souvent doubles de ceux d'excellents navires à voiles.

« Une grande longueur est favorable à la vitesse, en ce que, pour un déplacement donné, on obtient une section immergée très-réduite, et par conséquent une résistance directe plus faible.

(1) Extrait de l'ouvrage de Fincham : *Outline of Ship Building*, traduit par M. Ernest Nillus fils, ingénieur-constructeur au Havre.

« Ayant les moyens de diminuer la section immergée (ou la résistance directe), il s'agit d'en déterminer la forme. Là aussi les opinions sont diverses sur la manière de tracer cette section ; les uns veulent une varangue aplatie, les autres au contraire veulent une varangue fort élevée. Chaque forme possède, sans aucun doute, ses avantages respectifs, et la préférence que l'on accorde à l'une ou à l'autre est basée sur d'excellents résultats obtenus des deux côtés.

« Il est certain qu'un navire, avec une varangue élevée, rencontrera moins de résistance, toutes les autres conditions restant les mêmes, et il sera bon d'adopter cette forme, si elle ne doit point détruire quelques importantes qualités du navire. Mais lorsqu'on élève la varangue il faut augmenter le tirant d'eau en proportion, c'est donc une objection pour les navires à roues, qui ne doivent point avoir une grande différence d'immersion (par rapport à leurs propulseurs), résultat inévitable d'un grand relevé de varangue.

« Les bateaux à hélice peuvent sans inconvénient entrer dans cette voie, à cause de leurs propulseurs qui demandent un tirant d'eau considérable pour qu'ils agissent avec effet.

« Comme le déplacement est une quantité fixe, à laquelle les autres éléments doivent se rapporter, si, comme nous l'avons dit, un grand relevé de varangue nécessite un fort tirant d'eau, il diminue aussi la hauteur des chambres des machines par rapport à la flottaison, et il oblige à placer le centre des roues à une hauteur considérable, tandis qu'au contraire il est important que les machines soient placées le plus bas possible, pour abaisser le centre de gravité, et par ce moyen augmenter la stabilité.

« Avant que le constructeur ne détermine la forme et les dimensions de son navire, il a besoin de certaines informations sur les machines, telles que la surface des différentes pièces formant base, la hauteur des arbres, l'emplacement général et le poids de l'appareil.

« Quand le constructeur aura arrêté les lignes de son navire, comprenant trois ou quatre coupes par les machines et chaudières, ainsi que le maître couple, il indiquera la position des mâts, afin que le centre de voilure se trouve dans une bonne position, et que les machines et les chaudières n'en détruisent pas l'effet. Ceci est d'une très-grande importance, aujourd'hui que les navires naviguent avec voiles et vapeur combinées.

« Le mécanicien donnera alors le centre de gravité des machines, chaudières, soutes à charbon, par rapport à une des cloisons, afin que le constructeur puisse déterminer le rapport de ce point à celui du centre de gravité du navire, et l'arrimage des poids.

« Il est très-important que le charbon soit placé de manière que le moment de la quantité AV (1) du centre de gravité soit égal au moment AR, et par ce moyen la consommation graduelle du charbon élève le navire sans dérangement dans son arrimage.

(1) On désigne l'*avant* du navire par les initiales AV, et l'*arrière* par AR.

« Quand la longueur et la largeur du navire seront déterminées, on tracera deux lignes parallèles à la quille, et, afin d'avoir un mouvement aisé par le mauvais temps, les côtés du parallélogramme devront tomber assez bas, pour que, le navire roulant à 15 où 20°, ils restent au-dessous de la ligne de flottaison; quand la largeur du navire est augmentée au-dessus de la ligne de flottaison, on ne peut éviter un roulis très-prononcé.

« Lorsque la hauteur de varangue sera déterminée, on tracera, pour la joindre, des deux lignes perpendiculaires à celle du centre, passant par la quille, une courbe elliptique ou circulaire.

« Le point suivant à déterminer est la construction des formes longitudinales, point tout aussi important que le précédent, et qui constitue particulièrement les qualités du navire. Il existe le même désaccord que dans le cas précédent sur la meilleure forme à adopter; les lignes pleines, circulaires, paraboliques, en coin, et celles formées d'une flexion contraire ou creuse, tout a été essayé, et un bon résultat a été attribué à chacune de ces lignes par leurs applicateurs. Mais il est évident que la prépondérance revient de droit à la ligne en coin, et à la ligne creuse dans de certaines limites, c'est-à-dire en donnant le plus grand degré de finesse possible pour les navires en usage sur les rivières, et en tenant compte pour les autres, du grand poids qu'ils doivent supporter à leurs extrémités.

« Par rapport à l'arrimage, dans les navires à voiles et surtout dans les bâtiments de guerre, il est obligatoire d'avoir le centre de gravité en avant du milieu du bâtiment; mais dans les navires à vapeur, on est requis de placer ce point au milieu ou près du milieu, tandis que le centre de gravité des chaudières, machines et charbon, sera dans la même ligne verticale, et les moments de l'arrimage AV et AR seront égaux.

« La finesse sera en grande partie déterminée par ces moments; car si les moments de la compression du fluide sur les flancs du navire sont moindres que les moments des poids, le navire plongera trop profondément dans la mer et sa course sera retardée; si, d'un autre côté, les moments de la compression du fluide sur les flancs du navire excèdent ceux des poids, à un haut degré, le mouvement longitudinal du corps flottant sera soudainement arrêté, par des mouvements vifs et brusques qui mettront un obstacle à la marche du bâtiment.

« On voit par là que, pour que le navire ait des mouvements aisés, il faut que les moments des poids et ceux de la compression du fluide aient un rapport correct entre eux, et les derniers devront dépasser les premiers d'une certaine quantité; mais précisément cette quantité n'a jamais été exactement définie. Quand le navire est en repos, il ne se produit aucun effort sur le corps flottant, si les moments de la compression du fluide sont égaux à ceux des poids, mais quand les mouvements de roulis et de tangage commencent à se produire, les poids agissent comme le carré de leur distance au centre de gravité, et alors, par un mauvais arrimage ou une mauvaise soutenue, le navire plonge profondément.

« Ces remarques s'appliquent surtout aux navires de mer, les bâtiments de rivière n'étant pas exposés aux mouvements des vagues.

« Par rapport aux navires de rivière il existe une autre considération d'une grande importance, quant à la position de l'arbre des machines et des poids; elle provient de la tendance qu'ont les roues à soulever l'une des extrémités du bâtiment, et par conséquent à faire dévier sa ligne de flottaison de la surface du liquide. On peut observer, en effet, sur les steamers dans lesquels l'arbre des roues est considérablement en avant du centre de gravité, une certaine élévation du côté de l'étrave, tandis que l'arrière tend à comprimer le liquide, à un degré correspondant. Plus l'avant sera plein, plus il y aura d'élévation, surtout quand la vitesse atteint un certain degré; les bâtiments, avec un avant fin, ne présenteront plus cette résistance ou plutôt ce frottement considérable de l'arrière appuyant sur l'eau. (On pourrait remédier en partie à cet inconvénient en changeant l'arrimage.)

« Pour perfectionner les navires dans lesquels l'avant se trouve soulevé en marchant, on a très-souvent augmenté ou prolongée cette partie en lui donnant des lignes fines, et si l'on a obtenu une augmentation de vitesse, on l'a attribuée à cette finesse de l'avant; cependant très-souvent, une grande partie de l'effet ne doit point lui être attribuée; cet effet provient plutôt de la position des roues, qui se trouve plus correcte par rapport à la pression directe et verticale du navire sur la surface de l'eau. On s'est encore aidé de plusieurs autres causes pendant l'opération, sans qu'on les ait mentionnées dans le résultat; mais somme toute, la finesse de l'avant, dans de certaines limites, contribue à la vitesse des navires à vapeur.

« Le but de ces remarques est de démontrer qu'on doit porter plus d'attention sur les causes rassemblées, qui existent généralement, et non pas attribuer un bon résultat à un seul perfectionnement, tel que le prolongement des lignes de l'avant.

« Il faut cependant déterminer quelles sont les meilleures formes à donner à un steamer pour qu'il passe au travers du liquide avec le moins de résistance possible. Les plus habiles constructeurs ont fait des expériences pour résoudre cette question, mais les nombreuses difficultés rencontrées ont empêché d'arriver à un résultat positif; cependant la théorie et l'observation s'accordent, en déterminant que la plus grande section immergée doit être en avant du milieu du bâtiment, et que par conséquent les lignes les plus pleines doivent former l'avant.

« Sir Isaac Newton a déterminé une courbe de *moindre résistance*, qui peut être la meilleure pour déterminer les formes d'un navire à vapeur dans lequel la résistance directe est la première chose à considérer; mais il est à remarquer que dans la variété des formes données aux navires à vapeur, la ligne en coin et la ligne creuse ont donné le meilleur résultat de vitesse.

« La même importance s'attache aux lignes AR; mais la théorie n'a jamais déterminé le rapport qui doit exister entre elles et les lignes AV, avec une certaine résistance ou section immergée, pas plus qu'elle n'a déterminé

comment la *moindre résistance* peut être obtenue. Il résulte de ce qui précède que souvent la vitesse supérieure d'un steamer sera attribuée à ses formes, quand le résultat provient de l'excellence de ses machines, de la position de l'arbre des roues, et, pour les navires à hélice, des bonnes conditions de diamètre, de pas et d'immersion de son propulseur. »

COMPARAISON DES NAVIRES EN BOIS ET EN FER.

Quoique nous soyons entré déjà dans des considérations détaillées au sujet de la construction des navires en fer et des avantages qu'ils présentent, nous croyons utile de reproduire la note suivante, de M. Nillus, contenant des renseignements nouveaux et très-intéressants, sur plusieurs des points dont nous nous sommes occupés.

« Tous les navires en bois ou en fer ont été jusqu'à présent construits sur un mauvais principe. On s'est attaché à donner la plus grande force aux côtés et au fond, tandis qu'on n'en a donné que très-peu au pont. Cependant un navire devrait être considéré comme un grand tube ou boîte capable d'être chargé impunément d'un grand poids vers le milieu quoique suspendu aux deux extremités, ou d'être chargé aux deux bouts et supporté par le milieu.

« Pour obtenir un tel résultat avec le moins de pesanteur possible, il est certain qu'il faut que la force soit concentrée au fond et au haut du navire, et nous établissons comme règle générale à suivre que, *le pont doit être aussi fort que le fond du bâtiment*.

« Bien loin d'observer cette règle, on fait ordinairement les ponts très-faibles et minces, et le bordé, au lieu d'en être boulonné et serré sur les pièces formant la charpente du corps, est simplement cloué aux barrots. Enfin ce pont est plutôt regardé comme un parquet pour se promener, ou une couverture pour empêcher l'eau de pénétrer dans l'intérieur. Cependant la force longitudinale du navire en dépend à un haut degré, et il résulte de la construction ordinaire que les bâtiments sont plus lourds et moins solides qu'ils ne devraient être.

« Les navires en fer devraient être formés d'un tube clos à chaque extrémité, avec un barrot et couple d'une seule et même pièce formant un anneau; le bordé du navire suivrait la ligne de chaque couple, et serait rivé à même. Le tout composerait quelque chose d'analogue à ces ponts tubulaires que l'on construit en Angleterre pour les chemins de fer, tels que le *Britania Bridge*, qui joint à un poids réduit une solidité extraordinaire.

Le pont tubulaire placé au-dessus du *commercial road*, pour le passage du chemin de fer de Stepney à Bow, a $36^m 60$ de longueur et $3^m 05$ de hauteur. Son poids total est de 60 ton. (environ 61,000 kil.). En le chargeant à son centre de 240 ton. (244,000 kil.), il n'a fléchi que de 9 centimètres et a repris sa position, lorsqu'on a enlevé sa charge.

« Dans les conditions de construction actuelles, un navire de la même

longueur exigerait 450 ton. (457,000 kil.) de fer, pour supporter le même poids.

« La construction même actuelle des steamers en fer est bien supérieure en solidité à celle des navires en bois, et sans nous arrêter à tous les exemples de ce genre que nous pourrions citer, tel que celui du *Great Britain* qui est resté si longtemps échoué sur des rochers pendant tout un hiver rigoureux, et qu'on est parvenu à retirer de sa position critique, pour en faire un magnifique navire, qui fait aujourd'hui les voyages de Sydney, nous citerons un exemple récent d'un petit steamer construit par Scott Russell de Londres, le *Ward Queen*, dont les dimensions sont : longueur 65^{m}, largeur 4^{m}60, tirant d'eau 1^{m}50. On voit que le rapport de la longueur à la largeur est de 12, proportion extraordinaire pour un navire de mer. Ce petit steamer faisait les traversées de New-Haven à Dieppe lorsque l'accident dont nous nous occupons lui est arrivé. En entrant dans le port de New-Haven où il n'y avait qu'à peine assez d'eau dans le chenal pour lui en permettre l'entrée, il toucha le fond pesamment et fut suspendu par le milieu, une lame vint le prendre en travers, et le rejeta sur la plage où les passagers débarquèrent en sécurité. Une bonne preuve de la force du navire est que, quoique rejeté avec force sur le rivage par la mer qui le prit en travers, on put parfaitement le renflouer sans aucune avarie et il reprit sa course vers Londres pour être visité. Après examen, on n'aperçut aucun important dommage. Un navire en bois de même dimension eût été sans aucun doute mis en pièces ou du moins fortement endommagé.

« Il est un point important à noter pour les propriétaires de navires à vapeur et autres. Outre la plus grande quantité de marchandises que les navires en fer peuvent porter à égalité de tonnage, le coût d'entretien par année en est beaucoup moindre. L'exemple suivant en donnera une idée : deux bateaux à vapeur à roues, de 90 chevaux, le *Midgeon* et le *Dover*, furent construits pour le service postal de Calais à Douvres et vice-versa.

« Le *Midgeon* est en bois et a coûté 10,121 l. st. (253,025 fr.). Les réparations par année se sont élevées à la somme de 668 l. st. (16,700 fr.).

« Le *Dover* est en fer et a coûté 10,153 l. st. (253,825 fr.). Les réparations par année se sont élevées à la somme de 293 l. st. (7,325 fr.).

« On voit par ce qui précède que le navire en bois absorbe 6, 60 0/0 de son capital pour les réparations, tandis que le navire en fer ne va pas au delà de 2, 87 0/0. — Par conséquent la différence est plus de moitié.

« Cette proportion extraordinaire n'est cependant pas générale ; on peut l'attribuer en partie à la construction antérieure du bateau en bois (deux ans). Cependant on pourra aisément admettre qu'un bateau en fer coûte un tiers de moins d'entretien qu'un navire en bois.

« L'influence qu'ont les navires en fer sur la boussole n'est pas aussi grave qu'on peut l'imaginer, on est parvenu aujourd'hui à les munir d'instruments corrects au moyen d'aimants de correction et de tables d'erreurs. Il arrive même souvent dans les navires en bois, qui ne sont pas munis de

ces indicateurs, de graves erreurs dans le compas par rapport à la quantité de fer qui a servi à le relier, et à celle qui se trouve dans la matière.

« Il est un point sur lequel la construction des navires en fer a échoué jusqu'à présent, nous voulons parler de leur application au service militaire. Les nombreuses expériences faites en France et en Angleterre ont démontré catégoriquement qu'il n'y a pas lieu à les y employer. L'effet d'un boulet sur une coque en fer est désastreux ; dirigé sur l'un des côtés du navire, il passe au travers, et continue sa course pour sortir de l'autre côté. Quelquefois il se brise en mitraille dangereuse qui blesse et tue de toutes parts. Outre cela il est matériellement impossible de refermer le passage d'un boulet dans le fer, par rapport à la forme emboutée et déchiquetée des trous, à l'intérieur du navire. »

M. Nillus conclut des observations précédentes que l'emploi du fer, bien préférable à celui du bois pour les bâtiments du commerce, est tout à fait inapplicable aux navires de guerre. Cette opinion, qui nous paraît rationnelle, est, comme on le voit, en désaccord avec celle exprimée par M. Dupuis de Lôme, et que nous avons citée plus haut.

TRACÉ GÉOMÉTRIQUE DES FORMES D'UN NAVIRE.

La détermination, au moyen de projections, des formes d'un navire, est de la pure géométrie descriptive. Ces projections sont au nombre de trois ; nous n'avons pu en représenter que deux dans les fig. 3 et 4 de la pl. 8ᵉ, mais il est facile, à l'aide de ces deux projections, de tracer l'autre.

Ces projections sont :

1° Projection verticale de la longueur ou *plan longitudinal ;*

2° Projection horizontale de la longueur ou *plan horizontal* (fig. 4) ;

3° Projection verticale de la largeur ou *verticale* (fig. 3).

Les différentes dimensions de longueur, de largeur et de tirant d'eau étant données, on les inscrit dans un parallélipipède rectangle qui représente la moitié du navire AV et AR, les deux côtés étant semblables.

On élève alors des perpendiculaires A, B, C, etc. (fig. 4) sur le plan longitudinal et sur le plan horizontal, à des distances limitées par la longueur du bâtiment, ordinairement de mètre en mètre ; ces perpendiculaires doivent former les couples 1, 2, 3, etc., du navire sur le plan vertical (fig. 3). Lorsque la position du maître couple M (fig. 4) est arrêtée, on numérote ces divers couples 1, 2, 3, etc., suivant leur position respective.

On procède alors en divisant en parties égales parallèles à la ligne de flottaison la carène du navire sur le plan longitudinal et sur le vertical, ces parallèles constituent les lignes d'eau A, B, C, etc. (fig. 3).

Le poids du navire, des machines, etc., détermine le déplacement, dont on compare le volume avec celui du parallélipipède circonscrit par les dimensions de longueur, de largeur et de tirant d'eau. Ce rapport détermine le plus ou moins de degré de finesse du bâtiment. Dans le *Chamois* le parallélipipède circonscrit est égal à 184 m. c. 12.

Le déplacement est de 90 mètres cubes.

Le rapport est donc de 0, 488, un peu moins que la 1/2, et fait voir que pour arriver au déplacement donné, il faut passablement évider les formes du navire.

Après avoir déterminé la hauteur de varangue (ou distance à la ligne droite de la quille, parallèle à la ligne de flottaison) du couple au milieu de la demi-largeur de la carène, on trace à volonté le maître couple, ou la plus grande section immergée, verticale et directe. Dans le *Chamois*, la ligne formant les côtés est reliée à la varangue par un arc de cercle qui coupe toutes les lignes d'eau en les rétrécissant de haut en bas. Toutes ces intersections sont reportées sur le plan horizontal au maître couple et servent à tracer les lignes d'eau AV et AR qui viennent s'y raccorder.

La ligne de flottaison tracée, on en porte quelques points sur le plan vertical, et en faisant passer par ces points une ligne courbe qui va rejoindre la quille du navire, on obtient les autres lignes d'eau. Toutes ces lignes et sections ne se rapportent entre elles, souvent, qu'après quelques tâtonnements, mais une personne habituée à tracer parvient aisément à rendre en peu de temps le plan d'un navire sur des dimensions données. Les hauts du bâtiment se tracent de la même manière, mais au lieu d'une ligne parallèle à la flottaison dans le plan longitudinal et dans le vertical, on a une courbure qui prend le nom de *tonture*, et qui se rend de la même manière que les lignes d'eau, en ayant soin d'en marquer la hauteur à chaque couple ou section verticale.

Au moyen des lignes *a*, *b*, *c*, *a'*, *b'*, *c'* (fig. 3 et 4) on détermine facilement la courbure des diverses sections longitudinales de la carène. Quant à l'étrave (AV du navire) et à l'étambot (AR) on les représente suivant le goût du constructeur et le service du navire. Quelques-uns demandent beaucoup d'*éloncement* et beaucoup de *quèle*, par exemple pour les rivières étroites; les autres ont une étrave et un étambot perpendicalaires à la ligne de flottaison, tels que les navires de mer. Le *Chamois* a un peu d'*éloncement*, mais point du tout de *quèle*, et représente assez le type mixte, c'est-à-dire de mer et de rivière.

Lorsque le tracé de la coque est terminé, on en fait le déplacement *exact* en additionnant toutes les ordonnées (1) de chaque ligne d'eau séparément. Le résultat de la première est additionné avec celui de la seconde et divisé par 2, ainsi de suite jusqu'à la dernière qu'on additionne avec l'épaisseur de la quille, et dont on prend aussi la moitié. Chaque somme séparée, multipliée par l'épaisseur entre les lignes d'eau et par la distance entre les ordonnées, donne le volume de chaque tranche. En additionnant le tout on obtient le déplacement. Pour les navires de mer on multiplie par 1026, à cause de la densité plus grande du liquide.

Il suffit de calculer l'un des côtés du bâtiment et de multiplier par 2, puisqu'ils sont identiques.

(1) Les ordonnées sont les lignes perpendiculaires à la quille, et qui, poursuivies jusqu'au haut, forment le couple.

Le déplacement sert à trouver la position du centre de gravité de la carène. Ce point se détermine par rapport à l'une des perpendiculaires extrêmes AV ou AR du navire et par rapport à la ligne de flottaison :

Par rapport à la perpendiculaire extrême, en multipliant la somme des moments par l'intervalle entre deux couples, et en divisant le produit par la somme des ordonnées ;

Par rapport à la flottaison : en multipliant la somme des moments par l'intervalle entre deux lignes d'eau, et divisant par la somme des ordonnées.

(On appelle moment d'une figure par rapport à une droite, le produit de la surface par la distance de la droite au centre de gravité.)

Le centre de gravité de la carène du *Chamois* se trouve à $15^{m}20$ de la perpendiculaire AV et à $0^{m}56$ de la flottaison.

Il y a outre cela le *métacentre* ou centre du corps, qui se détermine en multipliant les 2/3 du cube des ordonnées de la flottaison par l'intervalle entre deux couples et divisant par la somme des ordonnées de la carène.

Le métacentre du *Chamois* se trouve sur la verticale du centre de gravité, à 1^{m} de la flottaison et à $1^{m}56$ du centre de gravité de la carène.

Le tracé terminé, après bien des corrections, lorsque l'œil est satisfait et les conditions proposées remplies, on fait faire un modèle en bois de la manière suivante :

On coupe autant de planches qu'il y a de sections horizontales dans l'élévation du navire, ces planches ont la longueur du bâtiment, et lorsqu'elles sont bien toutes de l'épaisseur prise sur le plan, on trace sur chacune d'elles une ligne de centre et on fait tomber des perpendiculaires à distances égales et sur toute la longueur de cette planche. Ces perpendiculaires doivent recevoir les points qui forment la courbe représentant une ligne d'eau. On fait ainsi jusqu'à la dernière planche ; on les découpe alors suivant les lignes tracées, et on a au lieu de planches rectangulaires, des formes comme celles indiquées sur le plan, fig. 4, et plus petites les unes que les autres ; on les relie alors ensemble au moyen de deux ou trois vis, ayant bien soin que leurs centres respectifs se trouvent sur une même ligne.

On a donc une espèce d'escalier dont, en coupant tous les angles, on obtient exactement les formes du navire tracé sur le plan. Le modèle fait, l'œil en corrige souvent des imperfections qui échappent sur le papier.

Lorsque le modèle est approuvé et corrigé, on y conforme le plan, et on va ensuite porter ce dernier à la salle où on le trace en grand. La salle est un grand parquet raboté sur lequel on trace toutes les dimensions et proportions du navire. Cela fait, on relève des gabarits en bois sur tous les couples ou membrures formant la carcasse, et on porte ces derniers au forgeron qui forge, place et donne la forme aux cornières, et on va ensuite les poser sur la quille du navire à leur place respective ; on applique pardessus les tôles formant le bordé, que l'on rive entre elles et sur les cornières ou membrures ; on place ensuite les barrots, grands-baux, carlingues, etc.

DESCRIPTION DU CHAMOIS REPRÉSENTÉ PL. 8 ET 9.

La fig. 1re de la pl. 8, est une élévation longitudinale et vue extérieure du *Chamois* à une échelle de 1/120.

La fig. 2e est un plan général vu en dessus, correspondant à la fig. 1re.

La fig. 5e, pl. 9e, est une coupe longitudinale passant par la quille de ce même navire, à une échelle de 1/100.

La fig. 6e est une coupe transversale et verticale passant par l'arbre de couche.

Et enfin la fig. 7e est une élévation vue extérieure d'une des roues à pales mobiles.

La coque de ce navire est toute en fer, sauf les barrots, le pont et la ceinture intérieure (*préceinte* ou *bauquière*).

La quille A (pl. 9), en trois pièces et toute en fer, mesure 0m73 de hauteur sur 0m 05 d'épaisseur ; elle est rivée au bordé B par des clous de 18 millim. L'étrave C et l'étambot D sont de mêmes dimensions, reliés avec elle au moyen d'un trait de Jupiter, et solidement rivés. Les couples *a* sont en cornières de 70 millimètres sur 60 au milieu, à l'endroit des machines, et de 65 sur 50 aux extrémités.

Les tôles du bordé ont 8 millim. jusqu'à la flottaison ; 7 et 6 millim. de ce point au plat bord. Il y a 6 virures reliées entre elles dans le sens vertical au moyen de jonctions intérieures, de manière à présenter une surface unie ; et dans le sens horizontal, elles se recouvrent de haut en bas de 60 millim. Tous les rivets sont fraisés à l'extérieur et à tête à l'intérieur et ont environ 16 millim. en bas et 14 en haut.

Les carlingues *m*, qui vont d'un bout à l'autre du navire, ont 0m28 de hauteur et 7 millim. d'épaisseur, elles sont entaillées dans les couples et reliées au bordé par des fers d'angle de 60 millim. sur 60 ; la partie supérieure porte aussi un fer d'angle de 60 millim. sur 50. Elles sont au nombre de 2, et à 1 mètre de la quille de chaque côté.

Les varangues sont en tôle de 6 millim., reliées aux carlingues et à la quille avec des cornières de 60 millim. sur 60.

Les varangues *k* (fig. 9) des machines sont aussi en deux tôles formant boîte ou caisson avec cornières de 60 millim. sur 60 ; celle de l'avant, qui reçoit le condenseur, est cintrée à cet effet, l'autre est droite : leur épaisseur d'une tôle à l'autre est de 0m 15, et leur hauteur au centre du navire de 0m 55.

Il y a deux grands-baux en fer, composés de tôles de 8 millim. et de cornières, en haut de 70 mill. sur 60, et en bas de 60 mill. sur 50 ; ces grands-baux forment l'arche, et sont rivés avec le bordé et les porte-roues F qui sont aussi en fer de même dimension.

Les tôles sont attachées aux couples avec des rivets placés de 0m 20 en 0m20 en haut, et 0m 15 en 0m 15 en bas.

L'étrave est arrondie, et l'étambot évidé en demi-rond pour recevoir la mèche du gouvernail. Le gouvernail est composé de 2 tôles, rivées sur la mèche, et entre elles aux extrémités.

Le plat-bord *b* est en chêne de 25 centimètres sur 7 cent. Le bordé en fer y est entaillé de 30 mill. La ceinture intérieure ou bauquière *d* est en chêne de 28 cent. sur 7; elle est boulonnée avec le bordé en tôles horizontalement, et avec le plat bord verticalement.

Les barrots sont en chêne de 12 centimètres sur 10; espacés de 0m 80 en 0m 80, ils reçoivent le pont en sapin P de 60 millim. d'épaisseur, en virures de 0m 12, et sont cloués avec. A l'endroit des grands-baux en fer, le pont est vissé de bas en haut au moyen de trous percés dans les cornières à cet effet.

Les lisses sont en chêne de 8 centimètres sur 5 et règnent sur toute la longueur du navire. Les parois sont en sapin de 30 millim. d'épaisseur, en virures de 0m 08, et sont clouées sur les jambettes en chêne qui descendent de 1 m. dans l'intérieur du navire, et sont boulonnées sur le bordé en fer.

Les tambours sont en bois, avec montants en chêne de 8 centimètres sur 7, et bordés en sapin de 30 millim. d'épaisseur.

Les bittes, tabarins, pieux d'amarres sont en *teck*, et traversent le plat-bord pour aller se boulonner sur le bordé, dans l'intérieur.

DIMENSIONS DU CHAMOIS. — Les dimensions du navire sont les suivantes :

Longueur de tête en tête		33m »
Longueur à la flottaison		31 »
Largeur au maître couple		4 40
Largeur sur le pont au plus fort		4 70
Hauteur de bordée		2 40
Tirant d'eau AV.	1 30	
Tirant d'eau AR.	1 40	
Moyen.	1 35	

Section immergée du maître couple. . . . . . 5 mètres carrés.
Déplacement en charge. . . . . 90 tonneaux.
Capacité des soutes à charbon. . . . . 60 hectolitres.
L'arbre de couche se trouve à 14m 50 de l'étrave.
Le maître bau. . . . . 16 50 » »
Le fer de la coque pèse. 20,000k ; La charpente . . . . . . 12,000 } Soit. . . . 32,000k
Les couples en fer sont espacés de. 0m 50
Les barrots en bois, de. 0m 80
Les jambettes où batayoles, de. 1m 00

Les varangues sont espacées de 1 mètre.

Le *Chamois* a quatre cloisons étanches L, de 6 millimètres d'épaisseur, rivées sur les couples, portant à la partie supérieure un fer d'angle de 60 mill. sur 60 et reliées au pont par des vis comme les grands-baux. Ces

cloisons sont munies d'ouvertures pour la communication de l'eau dans les divers compartiments; on peut les isoler à volonté.

MACHINES ET CHAUDIÈRES.

La machine présente une très-grande analogie avec celle de l'appareil de dragage à vapeur de M. Nillus, que nous avons publié dans le vol. VII, planches 12, 13 et 14 de la *Publication industrielle*, et à la description duquel nous renvoyons nos lecteurs.

Cette machine se compose de deux cylindres oscillants H, H′ (système de Penn), conjugués de manière à s'équilibrer.

Nous avons représenté en coupe verticale la moitié de cette machine, dont les pistons *h h′* commandent directement les manivelles I de l'arbre de couche K, lequel forme à son milieu une troisième manivelle J qui met en mouvement le piston de la pompe à air M. N désigne le condenseur.

Le diamètre des pistons est de....	0^m 735
La course......................	0 760

Les roues sont à excentriques avec coquille extérieure, comme le plan l'indique. Elles sont suspendues au bout des arbres et pèsent complètes avec ces derniers 6,640 kilog. Leur diamètre est de 3^m 70 de centre en centre des axes mobiles. Il y a 11 aubes dont chacune mesure 1^m 34 de longueur et 0^m 51 de largeur.

La position invariable, des aubes dans les roues ordinaires, occasionne, comme on le comprend facilement, une dépense inutile de force, en raison de la position oblique qu'ont ces aubes lorsqu'elles entrent dans l'eau et lorsqu'elles en sortent. Aussi, dès l'origine presque de la navigation à vapeur, s'est-on occupé de rechercher les moyens de parer à cet inconvénient.

En 1813, M. Robertson Buchanan prit une patente en Angleterre pour une roue d'une disposition peu compliquée, dans laquelle les aubes se maintenaient dans une position verticale pendant toute la durée de leur révolution; de la sorte il n'y avait pas de perte d'effet due à l'action oblique. Mais pendant les premières et les dernières parties de leur course, les aubes de ces roues poussent l'eau avec le devant de leurs surfaces, comme il est facile de s'en rendre compte, le mouvement *horizontal* étant moins rapide pour les aubes qui se trouvent dans ces moments-là que pour celle qui est au point inférieur de sa course. Aussi préfère-t-on généralement en Angleterre le système de M. Morgan, dans lequel les aubes peuvent être disposées de manière à entrer dans l'eau et à en sortir à tel angle voulu et déterminé suivant les vitesses relatives de la roue et du navire.

En France le système de roues à pales mobiles le plus en usage est celui de M. Cavé, dans lequel la position des pales dépend d'un très-grand excentrique fixe, entouré par un collier d'excentrique muni d'oreilles auxquelles s'attachent les tringles qui commandent les palettes.

Ce système, qui a l'avantage d'une très-grande solidité, s'applique très-

bien aux grands navires. Pour les bâtiments de faibles dimensions, il a l'inconvénient d'être un peu pesant.

Le système adopté par M. Nillus, dans le *Chamois*, est beaucoup plus léger, peu compliqué, et présente une solidité suffisante pour ce navire.

Cette disposition sera aisément comprise à l'inspection des fig. 6 et 7 de la planche 9, qui représente ce système de roue en élévations vues de face et de côté, et en section suivant l'axe.

Le moyeu O de la roue, monté sur l'arbre de couche K, est relié à chacune des couronnes Q par des bras *o o'*, qui vont en divergeant les uns des autres, et forment, en quelque sorte, deux cônes se touchant par leur pointe. Les pales R sont montées sur des tourillons dans les supports ou oreilles *q*, et chacune d'elles est munie de leviers *r*, auxquels s'attachent des tringles *s* articulées par leur autre extrémité, à une pièce excentrique T.

Cette pièce est un disque tournant sur un centre fixé à l'intérieur du tambour de la roue. Il est facile de se rendre compte, à l'inspection de la fig. 7, comment, en raison de l'excentricité de la pièce T, par rapport à l'axe de la roue, les pales prendront des positions diverses qui, à la partie inférieure de leur course, seront verticales ou à peu près.

L'une des tringles, celle *s'* que l'on nomme tringle de commande, au lieu de s'articuler au disque T, y est rivée, afin d'établir la position relative du disque par rapport aux palettes qui en dépendent. Sans cela, le disque étant libre dépendrait des palettes au lieu de les commander, et celles-ci prendraient la position que leur donnerait la résistance de l'eau.

Le nombre de tours des roues du *Chamois*, en calme et en charge, est de 42 par minute, et le parcours par heure, au centre de pression des aubes, est de 29,280 mètres. La vitesse du navire étant de 22,212 mètres, le recul se trouve être de 7,068 mètres.

La pompe à air est inclinée et placée entre les deux cylindres; son mouvement lui est communiqué par un vilbrequin fixé sur deux des manivelles. Le diamètre est de 0m 560 et la course de 0m 360. Les clapets supérieurs et inférieurs, ainsi que celui du piston, sont en cuir, le caoutchouc vulcanisé n'étant pas généralement en usage lors de la construction de ces machines. Les pompes alimentaires sont mues par les tourillons des cylindres et ont 0m 120 de diamètre sur 0m 160 de course.

La chaudière est tubulaire et marche à 2 1/2 atm. de pression; elle a été essayée à 4 1/2 atm. à la presse hydraulique.

Elle porte les dimensions suivantes :

Longueur................	2m 60
Largeur..................	2 70
Hauteur..................	3 50

Capacité du réservoir de vapeur, 5 mètres cubes.

3 foyers :	Longueur...............	2m 00
	Largeur................	0 65
	Hauteur................	0 90

196 tubes en laiton : Diamètre intérieur...	65 mill.		
Épaisseur...........	2 1/2 mill.		
Longueur...........	1m 60		
Surface des tubes..................	64m. q.	84m. q.	
Surface des foyers, boîtes à feu, etc....	20		
Surface des grilles..................	3m. q. 90		
Diamètre de la cheminée...........	0m 80		
Hauteur.........................	6 00		
Consommation du charbon par heure....	300k	17,300k	
Poids de la chaudière avec barreaux, etc.	10,000		
Eau dans la chaudière.................	7,000		

Le poids total des machines et de la chaudière est de 35,000 kil.

Les tôles ont 9 mill. pour les foyers, 10 mill. pour l'enveloppe.

L'espace occupé par la chambre des machines, auquel il faut encore ajouter le charbon logé des deux côtés de la chaudière, est de 6m. c. 80.

Les machines avec 2 1/2 at. de pression dans la chaudière, et 42 tours de roues par minute, donnent la courbe d'indicateur représentée dans la fig. 8.

Comme l'indique le diagramme, la vapeur est coupée sous les cylindres aux 6/10es de la course des pistons.

La pression moyenne de la vapeur sur les pistons est de 0k 996 par centimètre carré. Celle résultant du vide est de............ 0k 800

Soit............ 1k 796

La surface d'un des pistons est égale à 0m 4136.

$$1^{m}796 \times 0^{m}4136 = 7417,4.$$

La vitesse des pistons est de 63m 84 par minute. 63m 84 ÷ 60 = la vitesse par seconde. Soit 1m 064.

$$7417,4 \times 1,064 = 7872,1136 \text{ kilogrammètres}$$

divisés par 75 = 104 chev. 9 pour une seule machine ; × 2 = 209 chev. 8.

En admettant 1/10 de perte pour les frottements, etc., on a 188 chev. 9.

Le grand développement de puissance pour un diamètre de cylindres si réduit est dû, comme on le voit, à la pression élevée de la vapeur, et à la vitesse des pistons.

Le vide au baromètre lors de cette expérience s'est maintenu à 0m 70.

DISPOSITION INTÉRIEURE DU CHAMOIS.

Il ne nous reste plus, pour terminer la description du *Chamois*, qu'à dire quelques mots sur sa disposition intérieure.

La chambre des machines U et de la chaudière est tout à fait séparée du reste du navire par des cloisons étanches L. On y descend par l'écoutille *e* et l'escalier *f*. La chambre V des mécaniciens et chauffeurs est également

comprise entre des cloisons étanches, en avant de la chambre des machines, tandis que la chambre X du capitaine se trouve, de même, voisine mais en arrière de celle des machines.

Y et Y′ désignent les chambres des passagers, que l'on chauffe à l'aide de calorifères *y*, alimentés de vapeur par des tuyaux *x* communiquant à la chaudière, et que l'on vide par des robinets lorsque c'est nécessaire.

Le salon des dames se trouve en Y^2, tout à fait à l'arrière du navire.

La chambre Z, située à l'avant, est le logement des matelots. La partie extrême de la proue jusqu'à l'étrave, forme une petite armoire *z*.

Le *Chamois*, depuis sa construction, fait continuellement la traversée du Havre à Honfleur.

L'AMIRAL-DUPERRÉ,

PETIT NAVIRE DE TRENTE CHEVAUX.

Nous terminerons la description qui précède par des données et des résultats d'expériences relatifs à l'appareil d'un fort joli bâtiment à vapeur dont les machines ont été construites tout récemment par la même maison.

Ce bâtiment, appelé l'*Amiral-Duperré*, est un navire mixte, portant 100 tonneaux de marchandises, et muni d'une machine de 30 chevaux à moyenne pression.

Dimensions principales du navire :

Longueur à la flottaison....................	28m 00
Largeur au maître couple..................	5 00
Creux....................................	5 00
Tirant d'eau moyen.......................	2 20
Section immergée du maître couple.........	10 mèt. carrés.
Relevé à la moitié de la varangue...........	0m 10
Déplacement.............................	195 tonneaux.

Le centre de gravité de la carène est à 0m 86 de la ligne de flottaison en charge.

Poids du navire..........................	60 tonneaux.
Machines, chaudières, etc.................	18
Charbon..................................	5
Armement et détails.......................	12
Exposant de charge.......................	100
	195

Les machines sont inclinées à angle droit, marchent à 2 1/2 atmosphères

et donnent 120 coups de piston à la minute; elles sont à connexion directe.

Diamètre des cylindres	0m 45
Course —	0 40
Diamètre de la pompe à air	0 20
Course —	0 30

Pression au manomètre sur les tuyaux à vapeur, 2, 3 atmosphères.

Vide au baromètre, 0m 68.

La chaudière est d'un système particulier, remplaçant avantageusement les tubes.

Longueur	2m 00
Largeur	2 20
Hauteur	3 00

Avec 2 foyers et 17 lames ou galeries pour le passage du calorique; malgré son volume très-restreint, elle donne plus de vapeur que les machines n'en consomment, lorsque l'on active les feux.

La chaudière est timbrée à 2 1/2, et a été essayée, d'après la loi, à 4 1/2 à la presse hydraulique.

L'hélice est d'une construction particulière aussi; le centre est muni d'une sphère énorme, par rapport à son diamètre.

Diamètre de l'hélice	1m 50
Pas	2 50

Les essais ont été faits dans un voyage du Havre à Cherbourg. Le navire aux deux tiers chargé. Parti du Havre à 9 h. 1/4 du matin, on a mouillé en rade de Cherbourg à 6 h. 1/4 du soir; soit 9 heures, sans aucune voile.

Le lock breveté de Masseys a souvent marqué plus de 8 nœuds à l'heure. Le retour s'est effectué dans les mêmes conditions. Les machines ont donné quelquefois 130 et 132 coups de piston à la minute.

Malheureusement le vent s'est trouvé trop faible dans ces essais pour user de la voilure; mais on peut augurer favorablement de ces qualités lorsqu'on saura que ce navire, en venant de La Rochelle (où il a été construit par M. L. Turpain), pour prendre ses machines au Havre, a souvent filé dix nœuds et demi, avec bonne brise, mais peu de toiles dehors, le navire n'étant pas assez lesté pour le charger de voilure.

L'espace occupé par les machines, chaudières et charbon, est de 5 mètres.

Le navire est mâté en goëlette, avec beaupré, guibre, arrière carré, dunette, etc.; il est commandé par le capitaine Cluzeau.

PERFECTIONNEMENTS

APPORTÉS DANS LA CONSTRUCTION DES MACHINES LOCOMOTIVES,

PAR M. JAMES-ÉDOUARD-MAC CONNELL,

Ingénieur à Wolverton, Directeur de la Compagnie du London et North Western.

Ces perfectionnements, brevetés en France et en Angleterre, consistent, savoir : 1° Dans l'élargissement de la boîte à feu; 2° Dans son prolongement au corps cylindrique de la chaudière en augmentant les surfaces de chauffe directes en formant pour ainsi dire une chambre pour la combustion des gaz carburés qui s'échappent du foyer; 3° Dans une augmentation considérable des surfaces de chauffe directes, par une disposition de partitions introduites dans la chauffe ou foyer, qui permettent de donner au toit une forme semi-cylindrique et de supprimer les tirants généralement en usage pour consolider les toits horizontaux des chauffes ordinaires, diminuant sensiblement le poids de cette partie de la chaudière sans diminuer sa solidité et sa force; 4° Dans le raccourcissement des tubes, la diminution de leur diamètre et l'augmentation de leur nombre. Ces dispositions permettent d'abaisser le centre de gravité de l'appareil tout en employant des roues motrices de grand diamètre et en pratiquant une courbe rentrée dans la partie cylindrique inférieure de la chaudière qui permet ainsi le mouvement rotatif du mécanisme moteur; 5° Dans l'emploi d'entretoises tubulaires formant des espèces de tuyères pour l'admission réglée de l'air chaud ou froid, nécessaire à la combustion complète des combustibles dans le foyer ou celle des gaz carburés qui y sont produits, dans la chambre dite de combustion; 6° Dans l'application d'un piston concave en fer forgé ou en acier d'un poids très-réduit d'une grande force, d'une très-grande solidité, très-simple de construction et complétement hermétique; 7° Dans l'application de ressorts en caoutchouc galvanisé d'après le système breveté de M. Coleman ; 8° Dans l'application de diverses dispositions dans la boîte à fumée, qui permettent d'échauffer l'eau d'alimentation avant son introduction dans la chaudière et d'échauffer aussi l'air nécessaire à la combustion des gaz carburés qui s'échappent du foyer, et ce au moyen du calorique utilisé après le passage dans la chaudière des gaz chauds produits dans le foyer ; 9° Dans l'emploi d'essieux creux (1); 10° Dans l'emploi de cylindres en fer forgé ou en acier.

(1) Depuis longtemps MM. Petin et Gaudet, qui ont apporté de si grandes améliorations dans la fabrication des grosses pièces de forge, se sont fait breveter pour l'exécution des arbres creux. On se rappelle en avoir vu à l'exposition de 1849, à Paris, ainsi que des arbres couverts d'une couche d'acier. Parmi les pièces remarquables que cette maison vient d'exécuter, outre ses nombreux bandages sans soudure, nous devons citer l'arbre à six manivelles de l'*Isly*, du poids de 15,000 kilogrammes, fini, et un arbre à double coude pour lequel il n'a pas fallu moins de 31,000 kilogrammes de fer, 21 jours de travail, avec 60 hommes pour manœuvrer les ringards. Cet arbre est destiné à l'*Algésiras*, bateau à vapeur à hélice de 400 chevaux, construit sous la direction de M. Dupuy de Lôme, à l'arsenal de Toulon.

FABRICATION DE LA MONNAIE.

MACHINES

DITES A CORDONNER LES PIÈCES.

SYSTÈME DOUBLE ET RECTILIGNE

Exécuté pour l'Hôtel des Monnaies par **M. CALLA**,
INGÉNIEUR-MÉCANICIEN A PARIS,

ET SYSTÈME CIRCULAIRE ET CONTINU

Construit en Angleterre par **MM. RALPH, HEATON et fils.**

(PLANCHE 10.)

Pour compléter les documents que nous avons publiés sur la fabrication de la monnaie, il nous reste à décrire les machines dites à cordonner, qui, comme on le sait, ont pour objet de renfler légèrement le bord des flans ou des rondelles métalliques avant de les soumettre à l'action des presses qui doivent les frapper.

Cette opération préalable est très-importante; car elle a l'avantage de donner aux pièces beaucoup plus de durée, en garantissant par le cordon saillant toute la gravure intérieure de la face et de l'exergue (1).

En origine, M. Gengembre, ancien ingénieur mécanicien de l'hôtel des Monnaies de Paris, avait proposé, pour effectuer ce travail, un outil fort simple, du reste, qu'il fallait manœuvrer à la main en opérant sur chaque pièce séparément. Les flans passaient successivement dans une coulisse semi-circulaire, et leur circonférence extérieure, en tournant, recevait de l'outil une pression assez forte pour refouler le bord et former ainsi la

(1) Nous croyons qu'en France ce sont les pièces d'argent de 20 centimes, et les pièces d'or de 5 fr. seulement qui ne sont pas soumises à cette opération.

saillie nécessaire, laquelle doit être naturellement d'autant plus prononcée que les pièces elles-mêmes sont plus grandes et plus épaisses, puisque les gravures intérieures sont alors aussi plus saillantes.

On conçoit sans peine qu'avec un simple outil opérant ainsi manuellement, il n'était pas possible de faire beaucoup de travail, ou il aurait fallu employer à cet effet un grand nombre d'ouvriers. Aussi, toutes les pièces n'étaient pas alors cordonnées; mais dès qu'on put parvenir à faire usage de moyens mécaniques, l'opération devint plus économique et put en même temps se multiplier plus rapidement; par suite, les applications purent s'étendre aussi bien aux monnaies de cuivre ou de billon, qu'aux pièces d'or et d'argent.

Telle est la machine construite par M. Calla, de Paris, qui est disposée de telle sorte qu'elle peut cordonner 20 pièces à la fois. Il faut dire aussi qu'elle est double : que d'un côté elle travaille particulièremant les pièces de 5 francs, et que de l'autre, elle opère sur des pièces de divers calibres; il suffit, du reste, de changer les gobelets et l'écartement des coussinets, selon les diamètres même des pièces à cordonner.

Une autre machine qui remplit également le même but, mais qui au lieu d'être disposée sur deux lignes parallèles prolongées, est au contraire disposée circulairement, a été exécutée en Angleterre par MM. Ralph, Heaton et fils, qui en ont fait plusieurs applications. Elle a l'avantage d'occuper moins de place; mais il faut reconnaître que le mécanisme en est plus ramassé, qu'il n'opère que sur un bien petit nombre de pièces à la fois, et qu'en définitive il ne permet pas de produire plus dans un temps donné.

Dans le système rectiligne de M. Calla, le mécanisme pour chaque pièce est, pour ainsi dire, tout à fait indépendant; il en résulte cet avantage, qu'on peut l'arrêter, le démonter et le remonter à volonté, sans arrêter pour cela toute la machine. Il n'en est pas de même avec le système anglais.

Au reste, ces deux systèmes reposent, quant au travail en lui-même, c'est-à-dire quant au mode de pression exercée sur la circonférence des flans, exactement sur le même principe que le procédé manuel de M. Gengembre.

Mais comme les dispositions mécaniques sont toutes différentes, et qu'elles présentent des particularités intéressantes, nous avons cru utile de les décrire séparément, en commençant par celle de M. Calla, que nous avons relevée à l'hôtel des Monnaies de Paris, avec la complaisante autorisation de M. Diérickx, qui en est le directeur général depuis plusieurs années.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A CORDONNER DE M. CALLA, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 1 A 6 DE LA PL. 10.

Comme nous l'avons dit, cette machine est double et rectiligne, les flans sont logés dans des tubes verticaux, disposés sur deux rangs parallèles, et auxquels correspondent autant de mécanismes semblables.

La fig. 1re représente la moitié de la machine dans son ensemble et en coupe verticale faite suivant la ligne 1-2 de la fig. 2.

La fig. 2 est une projection horizontale de la même partie.

La fig. 3 est une coupe transversale par l'axe de la commande, suivant la ligne 3-4.

La fig. 4, une seconde coupe suivant la ligne 5-6 de la fig. de détail 5.

La ligne 7-8 étant le milieu de la machine, ses deux parties sont tout à fait semblables à celle reproduite fig. 1re; il suffit par conséquent de décrire celle-ci pour avoir une idée exacte de la machine entière.

Elle se compose d'un banc en fonte A, supporté par cinq pieds B solidement boulonnés avec lui. Ceux B′ occupant les extrémités, sont fondus en deux parties avec deux prolongements C qui portent les paliers de la commande.

La table du banc A est divisée, dans le sens de la largeur, en deux parties semblables dans chacune desquelles glisse une pièce D ayant la forme d'un chariot de tour ordinaire; elle frotte d'un côté contre un coulisseau rapporté E, fixé après le banc par des boulons *e;* les trous de ces boulons sont légèrement ovalisés dans le banc, et des vis *e′* (fig. 6) servent à régler le jeu.

Ces glissières D sont animées d'un mouvement de va-et-vient produit par des bielles en fer forgé F, qui s'y rattachent par une extrémité au moyen d'une oreille *f* faisant corps avec chaque pièce D, et qui sont assemblées de l'autre bout avec une roue d'engrenage F′, formant manivelle. Le banc porte des ouvertures rectangulaires *d* qui livrent passage aux oreilles *f*.

Les roues F′ sont montées sur des bouts d'arbres indépendants F^2; elles reçoivent le mouvement d'un arbre G portant deux pignons G′ et la poulie de commande G^2; on peut embrayer à volonté, au moyen des leviers à fourchette *g* qui correspondent à deux manchons d'embrayage ordinaires *g′*. Afin de maintenir la fixité des leviers *g* pendant la marche ou pendant les temps d'arrêt, leur extrémité s'appuie sur une platine en fer g^2 montée sur ressorts, et dont la surface porte des creux dans lesquels s'arrête le manche du levier *g*.

La machine entière comprend vingt opérations semblables, et qui peuvent s'effectuer séparément ou simultanément; chaque glissière D correspond à cinq : il suffit de décrire le mécanisme de l'une pour les expliquer toutes. Afin d'en mieux faire comprendre les détails, on a représenté, fig. 5 et 6, l'un des systèmes à une plus grande échelle que l'ensemble.

La fig. 5 est une coupe verticale du banc, comprenant l'une des divisions de la machine, suivant la ligne 9-10 de la fig. 6, par le milieu du coulisseau E.

La fig. 6 est une projection horizontale de la même partie.

Les pièces H et H′ sont des boîtes en fer dans lesquelles on fixe, par une plaque à vis *h*, un coussinet I en acier, dont la tranche porte une rainure *i* un peu plus large que l'épaisseur des flans. La boîte H est fixée après le

banc, et celle H′ fait partie de la glissière mobile D ; la distance des coussinets I à fond de rainure est égale au diamètre des pièces que l'on doit soumettre à l'opération du cordonnage, et les flans sont un peu plus grands d'un demi-millimètre environ.

L'entonnoir ou gobelet en cuivre J est placé entre les coussinets I ; il est fixé après le banc par une patte en fer *j*.

Au-dessous du gobelet J est une lame en fer L solidaire avec un levier M, dont le centre de rotation e^2 est placé au milieu de la largeur du banc ; il est tiré par un ressort à boudin M′, qui a son point fixe sur la boîte H.

Une disposition très-importante du mouvement, consiste dans une petite élégie *l* pratiquée à l'extrémité de la lame L, et c'est, en effet, la base principale du résultat, ainsi qu'on va essayer de le démontrer.

La machine étant à l'état de repos, la lame L est placée sous le gobelet J et présente sa partie la plus épaisse. On met dans le gobelet un certain nombre de flans formant une pile dont la base inférieure repose sur la lame L. La glissière D se met alors en mouvement, et le levier M est dérangé de sa position par la vis buttante *h′* fixée après la boîte H′ ; la lame L suit cette impulsion, et son élégie *l* arrivant sous le gobelet J, la pile de flans descend de l'épaisseur de ladite élégie.

La glissière D, accomplissant son mouvement de retour, abandonne le levier M, qui est ramené par le ressort M′ à sa position primitive, et par suite, le flan en contact avec la lame L, se trouvant repoussé par la saillie formée par l'élégie *l*, s'engage dans les rainures *i* des coussinets I ; il roule entraîné par la marche de la boîte H′, et lorsque celle-ci n'est plus en regard de la boîte fixe H, le flan, n'étant plus soutenu, tombe par l'ouverture N, conduisant par un prolongement N′ dans un vase ou capacité quelconque.

La différence entre l'écartement du fond de ses rainures *i* et le diamètre des flans, est détruite pendant leur passage entre les coussinets I, et la matière refoulée forme, sur chaque face, une saillie qui est le résultat cherché.

La construction particulière des pièces de ce mécanisme méritant des remarques spéciales, nous allons les examiner séparément.

Coulisseaux. — Les coulisseaux E sont divisés en plusieurs morceaux à cause des trous N qui les coupent entièrement. Chacune de ces parties est fixée par deux boulons *e*, et serrée par deux vis de pression *e′*.

Boîtes. — Les boîtes fixes H sont en fer et rapportées sur le bord du banc A ; celles H′, fixées sur le chariot mobile D, sont semblables.

Coussinets. — Les coussinets I sont en acier. On règle leur position dans les boîtes H par deux vis *i′* ; comme on est obligé de les repasser à cause de l'usure, on les cale parfois avec des lames de tôle quand ils deviennent trop étroits ; on doit cependant éviter cela autant que possible, et le succès de l'opération dépend à la fois de leur solidité dans la boîte et de la manière dont ils sont réglés.

Gobelet. — On a adapté au gobelet J un petit étui *j′*, dans lequel est une pièce *k* que l'on soutient à la partie supérieure à l'aide d'un bouton

taraudé ; la tige de la pièce *k* est entourée d'un ressort à boudin qui appuie constamment sur son embase. On fait usage de cette pièce pour régler le passage des flans au sortir du gobelet ; mais on peut s'en passer à la rigueur en disposant convenablement le gobelet lui-même par rapport au doigt poseur ou lame L.

Le gobelet est en cuivre ou en fonte ; il est monté à vis sur une pièce en fer faisant partie de la patte *j*.

Les ouvertures *k'*, pratiquées dans une partie de sa hauteur, servent au passage des doigts de l'ouvrier, qui le remplit de pièces continuellement.

Leviers. — Les leviers M ont un axe de rotation e^2 qui est commun à deux à la fois. Ils sont en cuivre ou en fer, et dans tous les cas, ils doivent être très-résistants à cause des chocs réitérés qu'ils reçoivent de la vis butante *h'*.

Le point où cette vis frappe est garni d'une lame d'acier *m* entaillée dans le levier M. On règle la position de repos de ce levier avec une vis buttante *n*, qui vient s'arrêter sur la base inférieure du gobelet J. La forme en arcade que le levier M affecte, est nécessitée par la boîte H' qui s'engage dessous en partie dans le moment du choc de la vis buttante *h'*.

La fig. 6 indique la position occupée par les pièces du mécanisme quand la glissière mobile D et le levier M sont à l'extrémité de leur course ; c'est aussi le moment où la pile de flans vient de descendre, et qu'un flan est placé pour l'opération suivante :

La fig. 2 suppose tout à l'état de repos, ou l'une des glissières D au milieu de sa course, et l'autre à l'extrémité.

Des vingt systèmes qui composent l'ensemble de la machine, dix sont affectés aux pièces de 5 francs ; ils occupent la moitié de la machine représentée fig. 1re. Les deux glissières correspondantes donnent 45 coups doubles à la minute, ce qui permet de cordonner, lorsque tous les systèmes sont en activité, 450 pièces dans le même temps.

Les dix autres sont pour les pièces d'un module inférieur, depuis 10 jusqu'à 1 centime ; les deux glissières donnent 60 coups, soit 600 pièces à la minute.

Le mécanisme de ces dix systèmes ne diffère des précédents que par le diamètre des gobelets qui sont égaux aux pièces en diamètre, plus un certain jeu ; l'écartement des coussinets I doit correspondre évidemment au diamètre des pièces.

Les auges en fonte O, fixées sur le côté du banc, reçoivent les flans bruts, qui sont pris de là par l'ouvrier.

Un seul homme peut desservir environ trois systèmes à la fois, au maximum.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A CORDONNER DE MM. RALPH, HEATON ET FILS, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 7 A 10, PL. 10.

La manière d'opérer sur les flans est absolument identique, dans cette machine, à ce qui a lieu dans celle de M. Calla. La différence existe dans le

mouvement, qui s'effectue ici circulairement et d'une façon continue.

La fig. 7 est une coupe verticale suivant la ligne 1-2 de la fig. 8, et celle-ci en est une projection horizontale extérieure.

La fig. 9 est une coupe de détail suivant 3-4.

Et la fig. 10 est une coupe horizontale au-dessous de la table, faisant voir la disposition du mouvement.

Cette machine se compose d'une table en fonte A, au centre de laquelle tourne un plateau B monté sur un arbre vertical C.

La table A porte quatre boîtes H qui retiennent un même nombre de coussinets en acier I; ces différentes pièces sont semblables à celles de la machine précédente, si l'on en excepte leur forme circulaire. Le plateau B porte également quatre boîtes H′ et leurs coussinets, qui passent continuellement devant les coussinets fixes par la rotation de ce plateau.

La machine est alimentée comme à l'ordinaire par des gobelets dont la disposition n'offre rien de particulier. Le doigt poseur L et sa commande méritent seuls un examen spécial en raison des changements qui sont nécessités par le mouvement circulaire.

Le doigt poseur de chaque gobelet (fig. 9) glisse à queue dans une platine *l*, et porte un goujon *m*, auquel est articulé un levier M, fixé à l'extrémité d'une tige *n*; cette dernière fait elle-même partie d'un levier N (fig. 10) qui est monté, sous la table A, sur un arbre vertical O portant également un troisième levier P; une came Q agissant sur ceux-ci, fait décrire à l'ensemble des pièces un arc de cercle dont l'amplitude se transmet à la lame L directement par le levier M, lequel suit le mouvement de la tige *n* qui traverse la table A par des ouvertures *o*. On voit par la fig. 10, que les mouvements sont ramenés au fond de la came par des ressorts à boudin M′, et que les quatre opérations ont toujours lieu simultanément.

On règle la position des coussinets de la table au moyen de vis de pression *i′* qui poussent les boîtes H, tandis que les vis *i* les fixent.

Les coussinets mobiles sont fixés de la même manière, et sont poussés du centre à la circonférence par des vis *j* taraudées dans le moyeu du plateau.

Les flans cordonnés *a* tombent par des trous R pouvant être continués sous la table A par des conduits qui les distribuent dans des vases quelconques.

L'arbre vertical est commandé par une paire de roues d'angle dont l'une est montée sur l'arbre des poulies C′.

Cette machine cordonne seize flans dans une révolution du plateau, puisque celui-ci porte quatre coussinets fixes qui rencontrent chacun les quatre coussinets de la table.

Ainsi, en admettant que l'arbre vertical, qui porte le plateau, fasse 25 révolutions par minute, on obtiendrait, dans le même temps, 400 pièces cordonnées; soit, par heure, 24,000 pièces, s'il n'y avait aucune interruption.

BRIQUETTES DE HOUILLE,

PAR M. MORAT.

APPLICATION A L'ALLUMAGE DES LOCOMOTIVES.

Il y a quelques années, M. Morat, administrateur des mines de houille d'Aniche (Nord), s'est fait breveter en France et ailleurs pour un système complet de fabrication des briques de houille menue ou en poudre, dont l'agglomération se fait avec une certaine quantité de goudron liquide.

Les machines, exécutées par M. Cavé à Paris, comprennent un mélangeur à mouvement continu, et un marteau-pilon servant à opérer le moulage des briquettes avec une grande rapidité, tout en leur donnant une dureté extrême. Ne pouvant suffire à toutes les commandes qui lui sont faites, M. Morat s'est vu dans l'obligation de monter à nouveau une usine plus importante, capable de fabriquer plusieurs centaines de mille kilogrammes de ces briquettes par jour.

Employées jusqu'à présent au chauffage des chaudières de marine presque exclusivement, les briquettes ou *péras*, sont, dans bien des circonstances, préférées d'une part, à la houille même, à cause du moindre volume qu'elles occupent, de la facilité de se placer, de se ranger dans les flancs du navire, et, de l'autre, à cause de l'accroissement de chaleur qu'elles procurent, et, par suite, de la plus grande quantité de vapeur qu'elles peuvent produire dans le même temps, à égalité de poids.

M. Polonceau fait une application heureuse de ses briquettes (qu'il tire de ses houilles fines et pures des mines d'Aniche) à l'allumage des machines-locomotives, et il en obtient des résultats très-remarquables. Ainsi, au lieu du coke, qui remplit le foyer et qui exige deux heures et plus pour mettre la chaudière en vapeur, il fait usage des briquettes de houille, qui n'occupent dans le foyer qu'une hauteur moitié moindre et qui permettent d'obtenir la vapeur en moitié moins de temps.

Nous avons publié, dans le n° 35 du *Génie industriel*, une machine fort ingénieuse construite par MM. Warrall, Middleton et Elwell, pour la fabrication des *péras*. Nous espérons pouvoir bientôt publier le système de M. Morat, qui est appelé à rendre des services importants dans bien des circonstances, en remplaçant le coke ou la houille par des briquettes.

SCIERIE MÉCANIQUE

A PLUSIEURS LAMES,

POUR DÉBITER LES BOIS EN GRUME, LES MADRIERS, ETC.,

Par MM. MAZELINE frères,
INGÉNIEURS-MÉCANICIENS AU HAVRE.

(PLANCHE 11.)

Les scieries mécaniques que l'on emploie aujourd'hui d'une manière générale dans toutes les contrées industrielles, se divisent, comme on sait, en plusieurs systèmes, suivant le genre de travail auquel on les destine. Ainsi les unes servent à débiter les bois en grume ou des madriers, d'autres à débiter des planches, des feuillets, des feuilles de placage. La plus grande partie est à une seule lame, comme celles que nous avons publiées dans les volumes III et V; on les distingue soit par scies à chariot, soit par scies à cylindres, soit encore par scies à placage. Il y en a, au contraire, qui sont à plusieurs lames, afin de découper, d'une seule passe, la même pièce de bois en autant de parties qu'on le juge nécessaire. Tel est le système que nous allons faire connaître dans cette livraison.

Diverses usines, à Paris et en province, s'occupant plus spécialement du travail de certains bois, préfèrent les scieries mécaniques à plusieurs lames à celles qui n'ont qu'une lame, non pas particulièrement parce qu'elles peuvent faire plus d'ouvrage dans un temps donné, mais parce que, par la nature même de l'emploi spécial de ces bois, elles en trouvent plus directement l'application, et parce qu'elles ne détachent pas entièrement les planches, ce qui en rend le service plus facile dans les chantiers de bois.

D'autres fabriques, au contraire, donnent la préférence aux scieries à une seule lame, comme permettant de débiter indifféremment toute espèce de bois, quelle que soit la forme même de la pièce, de faire au besoin des planches plus minces, et dans certains cas, de produire plus.

Les scies à une lame ne sont, pour ainsi dire, pas limitées pour leur vitesse, et par suite pour leur travail. Ainsi, nous avons vu des établissements à Paris, dans lesquels on ne craint pas de les faire marcher à 250 et 260 tours par minute, quoiqu'elles aient des courses de 70 à 80 centimètres, et malgré cette vitesse, l'avancement du bois, dans les peupliers ou les sapins tendres de 22 centimètres de largeur, est de 13 à 14 millimètres, et souvent de 15 à 16 millim. par chaque coup; telles sont les scieries de MM. Cochot, de MM. Legendarme frères, etc. Nous devons citer, comme tour de force, un avancement de 28 à 30 millim. par coup, obtenu dans des sapins de 17 à 18 centim. de large.

Les scies à plusieurs lames ne permettent pas, à beaucoup près, de fonctionner avec une telle vitesse et un tel avancement. Lorsqu'elles donnent 150 coups par minute, on trouve déjà qu'elles marchent très-vite, et un avancement de 3 millim. dans des sapins du Nord de 22 à 24 centim. est regardé comme une belle moyenne. Elles produisent donc notablement moins d'ouvrage lorsqu'elles ne portent que 4 à 5 ou 6 lames; cependant pour les bois minces, quand elles peuvent alors marcher avec 10 à 12 lames, on conçoit que, comme leur vitesse n'est pas sensiblement diminuée, leur travail journalier devient, en définitive, plus considérable que celui d'une scie à une seule lame, malgré la plus grande vitesse de celle-ci et le plus grand avancement.

En somme, les deux systèmes ont, sans contredit, leurs avantages, et trouvent par cela même leurs utiles applications dans les localités où l'on fait un grand commerce de bois; soit d'ailleurs qu'on les fasse mouvoir par une machine à vapeur, soit qu'ils aient pour moteur une roue hydraulique ou une turbine.

Dans les scieries bien montées, qui fonctionnent à la vapeur, on ne dépense pas ou presque pas de charbon, la sciure de bois qui résulte du sciage fait la plus grande partie du combustible employé. C'est surtout, lorsque la machine est bien construite, et disposée pour consommer peu, comme celles à moyenne pression, avec détente et condensation, que la dépense de houille est faible. Ainsi à l'usine de M. Trémois, à Auteuil, la machine à vapeur, qui est de la force de 25 chevaux, et bien établie avec économie, ne brûle que les sciures et les copeaux légers, provenant du sciage des bois et du dallage des frises de parquets (1). Chez M. Levieux, ancien contre-maître de cette maison, la machine à vapeur de 15 chevaux, système à haute pression et à grande vitesse de M. Flaud, ne dépense pas 6 francs de charbon par jour, la plus grande consommation ne se compose que de sciure et copeaux fins. Dans d'autres établissements du faubourg Saint-Antoine, on trouve assez facilement à vendre la sciure un

(1) Cette usine, que nous regardons comme l'une des plus importantes de France, occupe constamment trois à quatre scies à plusieurs lames, de MM. Mazeline frères, une scie à une lame, des scies circulaires, et plusieurs jeux de machines à dresser les frises, à faire les rainures et les languettes, etc., construites par M. Sautreuil, de Fécamp.

assez bon prix, les scieurs préfèrent alors s'en défaire et brûler de la houille.

Dans tous les cas, lorsque le moteur est une machine à vapeur, il y a toujours avantage à profiter de la détente et de la condensation. Aussi la nouvelle scierie montée chez MM. Legendre, à Grenelle, par MM. Mazeline, fonctionne-t-elle ainsi avec une machine à deux cylindres, système de Woolff, dans lequel les constructeurs, pour obtenir plus d'expansion, et par suite, plus d'économie, font déjà détendre la vapeur dans le petit cylindre avant de passer au grand. On sait qu'avec de telles machines, bien exécutées, avec enveloppes, recevant directement la vapeur de la chaudière, la dépense ne s'élève pas à 2 kilog. par heure et par cheval, en admettant que l'on ne brûle que de la houille.

DESCRIPTION DE LA SCIERIE REPRÉSENTÉE SUR LES FIGURES DE LA PL. 11.

Le fig. 1 du dessin représente une élévation générale de la scierie montée et fonctionnant.

La fig. 2 en est une coupe verticale faite en avant, suivant la ligne 1-2.

La fig. 3 est une section longitudinale suivant la ligne 3-4.

Et la fig. 4 un plan horizontal vu en dessus.

MOUVEMENT PRINCIPAL. — Comme dans la plupart des scieries que l'on construit actuellement, le mouvement principal, dans cette machine, est donné en dessous, c'est-à-dire que l'arbre de couche A, qui doit faire mouvoir le châssis porte-scies, est placé en contre-bas, dans une fosse spéciale pratiquée à cet effet, ou mieux, dans une sorte de cave ou de rez-de-chaussée inférieur, qui permet de loger tous les mouvements de chaque scierie, lorsqu'il y en a plusieurs, et de recevoir toute la sciure dans des paniers ou dans des sacs. Chez M. Trémois, on a disposé des espèces de toiles sans fin qui, passant près des diverses machines, recueillent les sciures et les copeaux et les conduisent à la chambre du chauffeur, près de la chaudière, de sorte que celui-ci n'a qu'à les prendre pour les jeter dans le foyer de son fourneau.

Cet arbre est en fer forgé, porté par deux forts supports ou chaises en fonte B, que l'on boulonne solidement sur une large pierre, ou mieux, sur une charpente en bois C, qui présente une certaine élasticité jugée convenable dans ce genre de machines. Entre ces deux chaises sont les deux poulies D, D′, dont l'une fixe, reçoit directement son action du moteur par une courroie E de 15 centimètres de largeur, et l'autre folle pour interrompre le mouvement à volonté.

Vers les deux extrémités sont montés les deux volants en fonte F, F′, de même diamètre, et auxquels sont adaptés les boutons *a*, qui représentent ceux de deux manivelles d'égal rayon, et qui doivent pour cela recevoir par articulation, la partie inférieure des deux longues bielles G, G′. Dans les premières scieries établies sur ce système, ces bielles étaient

en fer forgé plein, et attachées à l'extrémité inférieure du châssis porte-scies, ce qui leur donnait plus de rigidité et beaucoup moins de longueur; dans les nouvelles scieries, le corps des bielles est en fer creux (comme le montre la section fig. 5, laquelle est faite vers le milieu du corps de la bielle suivant la ligne 5-6, fig. 2, et dessinée sur une plus grande échelle), ce qui les rend plus flexibles, et en outre, comme elles sont attachées à la partie supérieure du porte-scies, elles se trouvent notablement plus longues; par conséquent, elles décrivent, pour la même course, des angles plus petits, ce qui est bien préférable.

On tient beaucoup à cette élasticité des bielles dans les scieries, à cause du mouvement rapide et saccadé imprimé au châssis de la scie, lequel est d'autant plus fort que le nombre de coups est plus considérable. Aussi, dans la plupart des cas, a-t-on cherché à les faire en bois, cette matière présentant plus de flexibilité que le métal. C'est ainsi que dans les scieries à une lame, soit à chariot, soit à cylindre, soit encore dans les scieries à placage, on applique aujourd'hui constamment des bielles en bois (1).

CHASSIS PORTE-SCIES. — L'autre partie extrême, ou le sommet de chaque bielle est attachée, de même par articulation, vers les extrémités formant tourillon de la traverse supérieure H du châssis porte-scies; ce dernier n'est autre qu'un cadre rectangulaire dont les deux côtés montants ou verticaux H^2 maintiennent l'écartement des deux traverses horizontales H, H' auxquels on attache les lames *s*. Un troisième montant H^3, qui est évidé dans sa partie inférieure, relie également les deux traverses par leur milieu, et les empêche de fléchir. Tout ce cadre est ici en fonte, avec des nervures et des évidements. Dans plusieurs scieries semblables, les constructeurs ont appliqué le fer forgé, ce qui rend le châssis un peu moins lourd.

Dans les scies à une lame, on paraît donner la préférence aux châssis en bois, comme étant plus légers et plus élastiques; cependant on est dans l'obligation, pour leur donner la solidité nécessaire, de les relier avec des parties en fonte ou en fer.

Nous croyons que dans les scieries à plusieurs lames, on ne peut pas, comme dans ces dernières, trop réduire le poids du châssis, justement à cause du nombre de traits que l'on débite à la fois; ce poids est d'ailleurs compensé par les volants que l'on a le soin de construire de manière à lui faire équilibre.

Il importe que le châssis soit bien guidé dans sa marche rectiligne alternative. A cet effet, ses côtés horizontaux H, H' se terminent par des douilles en cuivre *b* (fig. 1 et 6) qui, alésées avec soin, sont ajustées sur les tiges verticales fixes I, lesquelles sont retenues d'une part, à chaque extrémité, au sommet et à la base des bâtis de fonte J, et de l'autre, vers le milieu, à l'espèce d'entretoise K, qui est fondue avec chacun de ceux-ci.

(1) En donnant récemment dans le VIIIe volume la construction des divers systèmes de bielles, nous avons ajouté le modèle en bois tel qu'il est adopté dans ces machines.

Les lames de scie *s*, rivées à leurs chapes ou montures en fer *c*, sont attachées aux traverses horizontales du cadre d'une manière fort simple. D'abord celles-ci sont ouvertes sur une grande partie de leur longueur suivant une entaille verticale ménagée à la fonte, et assez large pour permettre d'y passer les chapes. Pour la traverse inférieure, il a suffi de faire à ces chapes un talon qui vient s'y appliquer en dessous, lorsqu'on les a introduites, et retournées d'un quart de cercle (fig. 7); pour la traverse supérieure, les montants n'ont pas de talon, mais on y ajuste des coins ou clavettes en acier que l'on serre au degré convenable, et qui, par cela même, faisant appel, donnent aux lames toute la tension désirable. La fig. 8 montre un détail de ce mode d'ajustement.

Le nombre de scies étant nécessairement variable, selon les pièces de bois à débiter, leur écartement doit lui-même changer à volonté, c'est pourquoi on est libre de les rapprocher ou de les éloigner sur les traverses qui les reçoivent, en desserrant pour cela les clavettes de serrage. Mais une fois que leur nombre et leur distance sont connus, il faut les maintenir solidement dans leur position respective, de manière à ce qu'elles ne puissent varier. A cet effet, au-dessous de la traverse supérieure H, comme au-dessus de la traverse inférieure H′, on dispose deux séries de cales en bois *d*, plus ou moins épaisses, que l'on rechange selon les besoins et que l'on tient en place par les vis à pointe *e* qui buttent contre les côtés verticaux H^2 du châssis. Cette disposition est très-simple, et facilite beaucoup le montage et le règlement des scies. Elle permet, tout en fixant bien l'écartement de ces dernières, de les incliner aussi de la quantité nécessaire, qui, comme on le sait, est proportionnée à l'avancement même du bois.

Sur le dessin, nous supposons que la scierie découpe en même temps deux madriers de sapin de même dimension, en faisant dans chacun quatre traits; il y a alors huit lames en activité. Quelquefois on en met dix, douze et même plus; d'autres fois on n'en met seulement que quatre à six. Le plus généralement, le nombre de lames est pair, parce qu'on débite plus souvent deux pièces qu'une seule.

Comme le rayon des manivelles, ou la distance des boutons d'attache des bielles aux volants au centre de l'arbre moteur, est de 0 mèt. 22 seulement, on voit que la course des scies n'est pas de plus de 44 centimètres. Elle est moindre dans les scieries de M. Trémois, et dans plusieurs autres, où l'on ne trouve que 36 à 38 centimètres. Cette course paraît petite, comparativement à celle qui est donnée aux scies à chariot; mais, comme nous l'avons dit, ces dernières sont souvent appelées à découper de grosses pièces, très-larges, ou de forts grumes, tandis que celles que nous décrivons sont presque toujours occupées à débiter des madriers, des pièces de charpente de largeurs limitées; aussi elles ne pourraient pas faire, dans certains cas, le travail des scies à une lame.

En attachant les bielles à la partie supérieure du châssis, au lieu de les

attacher à la partie inférieure, il devenait utile de cintrer les extrémités de la traverse H′, afin que dans leur mouvement oscillatoire, elles pussent aisément passer et s'obliquer à droite ou à gauche, quoique le cadre restât d'ailleurs constamment vertical. C'est ce que l'on voit bien sur l'élévation fig. 1 et sur la coupe fig. 3.

AVANCEMENT DU BOIS. — Dans les scieries mécaniques, on fait usage de deux modes distincts pour faire avancer les pièces de bois contre les dents des scies ; l'un est continu et l'autre alternatif; le premier, qui paraît d'abord plus rationnel et plus régulier, est fort peu employé, on lui préfère le second, qui, quoique exigeant un mouvement plus saccadé, a le mérite de ne pas faire frotter les dents contre le bois, pendant que la scie remonte. C'est le système appliqué dans la scierie représentée sur le dessin planche 11.

Le mouvement dépend toujours de celui des scies, et à cet effet les constructeurs ont prolongé d'un bout la traverse supérieure H, en forme de goujon sur lequel s'applique la coulisse d'un levier courbé en fer *f*, qu'il fait osciller sur son axe *g*. Celui-ci, porté par les oreilles *i* venues de fonte avec les bâtis J, reçoit, près du levier, une chape à douille *h* en un point de laquelle s'adapte le rochet mobile *k*.

Toutes les fois que le châssis porte-scies remonte, il soulève le levier courbé *f* et par suite la chape à coulisse *h*, qui, en même temps, entraîne le cliquet *k*, lequel engagé dans les dents de la grande roue à rochet M, force cette roue à tourner de 2, 3 ou 4 dents, selon la course donnée à l'extrémité du cliquet; cette course est variable selon le genre de travail à faire ou la nature du bois à débiter; c'est pourquoi la chape *h* est à coulisse. En attachant la partie supérieure du rochet en un point plus ou moins éloigné de son centre, on augmente ou on diminue son jeu.

La roue M est ajustée à l'extrémité d'un axe en fer *l* qui prolongé porte, vers le milieu de la machine, un pignon droit N (fig. 3), lequel engrène avec la crémaillère dentée à jour O, fondue en deux pièces et avec des nervures. Le faible mouvement imprimé, à chaque ascension du porte-châssis, à la roue dentée M, se transmet donc, dans un rapport beaucoup plus petit, par le pignon N, à cette crémaillère qui, de cette sorte, s'avance de gauche à droite. Un cliquet d'arrêt *k′* empêche la roue de se détourner, et par conséquent de rétrograder.

Or, les deux madriers de sapin L, qu'il s'agit de découper, sont obligés de suivre le même avancement horizontal, parce que, d'une part, ils portent, comme la crémaillère, sur les rouleaux P, qui se trouvent disposés parallèlement au-dessous, et de l'autre, parce qu'ils sont pincés à leur extrémité, au moyen des espèces de tenailles à charnières Q, qui sont fixées à l'extrémité de la crémaillère, et que l'on serre à volonté par les vis d'étau ou à manivelle *m* ; ces vis sont entourées chacune d'un ressort à boudin, pour faire écarter rapidement les mâchoires de ces tenailles, lorsqu'on veut desserrer. Un petit cylindre ou rouleau de pression R (fig. 3) s'appuie

constamment sur la partie droite des nervures de la crémaillère, qui, par ce moyen, ne peut marcher que suivant un plan parfaitement horizontal.

Pour que les madriers suivent exactement la direction rectiligne et parallèle aux plans des scies, ils sont tenus appliqués, pendant toute leur marche, du côté intérieur, contre les faces verticales et bien dressées des guides fixes o, par les cylindres cannelés S, qui tendent toujours à s'appuyer contre eux, à l'aide de leviers en fer T; ces derniers, oscillant sur leur centre p (fig. 4), sont tenus écartés à leur autre extrémité par les poids U qui se trouvent suspendus aux courroies en cuir q, lesquelles se maintiennent contre la circonférence des poulies à gorge r (fig. 4 et 9), dont les axes sont mobiles dans les chapes qui terminent la bride ou chaise en fer V. La pression exercée par ces poids est d'autant plus grande que le rapport entre le plus long bras de chaque levier T et le plus court, qui porte les cylindres, est lui-même plus grand.

Ainsi le rapport existant dans la machine actuelle est environ de 1 à 12, et chaque poids est approximativement de 27k 5, la pression exercée par chaque cylindre sur le bois est donc de

$$27,5 \times 12 = 330 \text{ kilogr.}$$

Avec une telle pression, on conçoit que les madriers ne peuvent pas s'écarter, ils sont suffisamment maintenus contre leur guide. Les cannelures des cylindres ont pour objet de passer plus aisément sur les aspérités du bois, qui n'est en général pas dressé sur la surface extérieure.

Comme les épaisseurs des madriers sont variables, et peuvent être sensiblement plus fortes ou plus faibles que celles indiquées, il est bon de changer la position des axes p de chacun des leviers, et par suite les brides en fer t, qui leur servent de supports et qui s'adaptent aux traverses de fonte à nervure X. Celles-ci sont boulonnées aux saillies verticales intérieures n fondues avec les bâtis J, et à leur milieu elles reçoivent un montant vertical Y, de chaque côté duquel sont appliqués les guides fixes o'.

Quand les madriers sont près d'arriver à l'extrémité de la course, l'appareil ne fonctionne plus, le chariot s'arrête naturellement, parce que la roue à rochet elle-même ne tourne plus. Pour cela, le constructeur a appliqué sur l'axe g' qui porte un levier à contre-poids j, une sorte de queue ou de manette v qui est rencontrée par la nervure x, solidaire avec la partie milieu des pinces Q, et par suite avec la crémaillère droite O (fig. 4); or, dès que leur contact a lieu, la manette est pressée de gauche à droite, et faisant osciller l'axe g', oblige le levier j à basculer, et celui-ci tombant immédiatement, par le poids de la lentille, de droite à gauche, fait osciller un taquet j' fixé sur l'arbre. Ce taquet agit sur un levier à équerre l' portant un galet qui soulève le cliquet k'; et comme les deux cliquets sont dans le même plan, celui k' soulève et dégage par cela même le cliquet k des dents de la roue M, qui devient libre. Par cette disposition, lors même

que les scies continueraient à marcher, elles ne feraient aucun travail puisque le bois n'avancerait pas.

C'est alors que le scieur, faisant passer la courroie motrice de la poulie fixe D, à la poulie folle D', doit s'occuper d'enlever les deux madriers ; à cet effet, il éloigne d'abord les deux cylindres de pression S, et comme au milieu de la pince *q* est boulonnée une tige à crochet Z, il y accroche une courroie passant sur une poulie de renvoi, et à laquelle est suspendu un contre-poids, puis il prend la poignée *y* qui est adaptée à l'un des bras de la roue M et la fait tourner en sens inverse, afin de ramener la crémaillère de droite à gauche ; les deux madriers marchent avec elle, d'autant plus aisément que le contre-poids tend à les tirer. Arrivés à la fin de la course, l'ouvrier ouvre les pinces en desserrant les vis à ressort *m* afin de retirer ces madriers, et se prépare à en mettre d'autres à leur place, pour recommencer le même travail.

PARTIES FIXES DE LA MACHINE. — On a déjà compris, en étudiant les différentes parties mobiles du mécanisme qui précède, la construction de tout le bâti fixe de la scierie. Il se compose principalement des deux grands châssis verticaux en fonte J, dont la section horizontale présente la forme indiquée sur la fig. 10. Ces châssis sont reliés entre eux par les trois entretoises en fer *z*, qui en maintiennent l'écartement, et portés par leurs patins sur les deux poutrelles en chêne J', qui les rendent indépendants du plancher Z de l'usine.

Ces poutrelles sont boulonnées sur deux espèces de tréteaux J^2, composés également en charpente, et reposant par de larges patins sur le sol en pierres qui reçoit la commande. De cette sorte, tout le système est parfaitement solidaire et présente toute la sécurité désirable pour la durée et la solidité générale.

Les rouleaux P sur lesquels reposent le chariot et les madriers à scier, sont aussi placés sur des consoles ou supports en fonte P' dont la base est boulonnée sur des solives P^2 prolongées parallèlement sur la longueur du plancher, et ils sont en nombre suffisant, soit à droite, soit à gauche de la machine, afin de correspondre à la plus grande longueur des bois à débiter.

RÉSULTATS PRATIQUES DES SCIERIES A PLUSIEURS LAMES.

La vitesse des châssis porte-scies est de 120 à 130 coups par minute ; elle s'élève quelquefois, dans certaines usines, à 150 et même à 160 coups, mais c'est rare, on ne le fait que dans des cas pressés, et lorsqu'on tient moins à un travail précis, bien régulier. Au reste il faut une grande surveillance et une longue habitude pour atteindre les résultats extraordinaires que l'on a cités dans des circonstances particulières. C'est ainsi qu'à la scierie de M. Levins, à Auteuil, on a scié, en un jour, 200 madriers de sapin, de 5 mètres de longueur, à deux traits ; d'où il résulte que l'on a dû par cela marcher à 150 coups par minute, et faire avancer le bois de 9 à

10 millimètres environ par coup. Ce serait un tour de force pour bien des scieries.

Chez M. Legendre, à Grenelle, la scierie marche quelquefois à des vitesses de 175 à 180 révolutions par minute.

En travail ordinaire, on estime que l'avancement du bois n'est pas de plus de 3 millimètres par coup dans le sapin du Nord, pour des largeurs de 22 à 25 centimètres, quel que soit d'ailleurs le nombre de lames. On ne varie pas, en effet, dans ce genre de scieries, la vitesse ni le degré d'avancement d'une manière notable, qu'elles soient garnies de 10 à 12 lames ou de 4 à 5 seulement.

Le plus généralement on débite deux madriers à la fois, à chacun 4 ou 5 traits ; ils ne sont pas découpés complètement ; on préfère laisser, comme on l'a vu plus haut, à l'une des extrémités une partie de 7 à 8 centimètres sans être sciée, afin que les planches restent ensemble, ce qui est plus commode pour le service dans les chantiers de marchands de bois. Il est vrai que pour le consommateur, cette partie est assez souvent une perte.

En supposant un châssis de 10 lames, débitant deux madriers de sapin de 22 centimètres de largeur, avec un avancement de 3 millimètres, et une vitesse de 120 coups par minute, on voit que le travail obtenu est de

$$120 \times 3 \times 10 = 3^{m}\,60 \text{ par } 1'$$

Soit par heure 3, 60 × 60 = 216 mètres.

Si on admet que le temps perdu pour monter et démonter successivement les pièces est de 1/3 du temps total, on n'aurait pour le travail réel que 216 — 72 = 144 mètres.

Soit en superficie 144 × 0, 22 = 31 m. q. 68

Ainsi, à ce compte, dans une journée de 12 heures on aurait débité

$$31^{m}\,68 \times 12 = 380 \text{ mètres carrés,}$$

dont il serait juste de déduire les 8 centimètres non sciés à chaque madrier.

En donnant 150 coups par minute au lieu de 120, avec le même avancement, le produit serait alors d'environ 1/5 en plus.

Soit de 456 mètres carrés au lieu de 380 par jour.

Dans les scieries à chariot à une seule lame qui existent chez MM. Cochot et chez M. Legendarme, la vitesse est, comme nous l'avons dit, de 250 à 260 révolutions par minute, et l'avancement moyen du bois est de 15 à 16 millimètres par coup, dans du sapin de 22 centimètres de largeur.

En admettant le chiffre inférieur de 250 pour le nombre de coups par 1', et de 15 mill. pour l'avancement par coup, on trouve que le travail de telles machines est de

$$250 \times 15 = 3^{m}\,75 \text{ par } 1'$$

Soit par heure 225 mètres de longueur,

Et en superficie : $225 \times 0,22 = 49$ m. q. 50.

Si l'on déduit aussi le 1/3 environ pour le temps perdu par le montage et le démontage des pièces, on trouve alors que le travail d'une journée de 12 heures serait approximativement de

$$49,50 \times 0,67 \times 12 = 396 \text{ mètres carrés.}$$

Ainsi le produit est plus grand que celui d'une scie à 10 lames qui ne marcherait qu'à 120 coups par minute, mais il est vrai de dire qu'il est moindre que celui de cette dernière fonctionnant à 150 coups.

Avec la scie à chariot tout récemment montée par M. Cartier, sur nos dessins d'exécution, pour M. Edouard Legrand, rue Saint-Sabin à Paris, on a découpé des sapins de Lorraine durs, ayant $0^m 32$ de largeur ; aux premiers essais, on a marché avec une vitesse moyenne de 235 à 240 coups par minute, et l'avancement n'était que de $0^m 80$ dans le même temps, ce qui a donné 15 à 16 mètres carrés par heure seulement. Ce travail est notablement inférieur à celui mentionné plus haut, mais observons qu'il s'est effectué sur des largeurs notablement plus grandes, et que le sciage était parfait, beaucoup plus net et plus régulier qu'on ne le fait ordinairement. Aussi on paie un tel produit le double de celui des sapins tendres qui ont 22 centimètres de large.

Nous avons remarqué dans cette scierie des bois de cèdre en grume, débités en planches minces de 4 à 5 millimètres d'épaisseur seulement, qui, certainement, ne laissaient rien à désirer pour la beauté du sciage.

En somme, pour faire bien dans les scieries, pour obtenir ce que l'on appelle de *beaux sciages*, il faut donner peu d'avancement au bois, et avoir le soin d'entretenir toutes les parties de la machine en parfait état ; il importe en outre que la denture soit bien franche et bien régulière, que les glissières soient bien graissées, et qu'enfin le scieur soit constamment occupé à examiner, à soigner tous les agents mécaniques.

PRIX DE DIVERSES SCIERIES.

Le prix d'une scie, dite à cylindres, à une seule lame, avec bâti en fonte et prise à Paris, est de. . . . . 2,500 à 3,000 fr.

Celui d'une grande scie à chariot, également à une seule lame, mais avec une course de 75 à 80 centimètres, est de . . . 4,000 à 4,500 fr.

Le prix d'une scie à plusieurs lames, comme celle décrite plus haut, est d'environ . . . . 4,500 à 5,000 fr.

Celui d'une scie à placage ou à bois montant, et à mouvement horizontal, est de. . . . . 2,800 à 3,000 fr.

CONSTRUCTIONS EN FER ET EN FONTE.

GARE DES MARCHANDISES,

DITE DE L'OUEST,

ÉTABLIE A BATIGNOLLES, SUR LA LIGNE DE VERSAILLES (RIVE DROITE)

ET CONSTRUITE

POUR LE CHEMIN DE FER DE L'OUEST,

Par **M. EUGÈNE FLACHAT**, ingénieur en chef.

(PLANCHES 12 ET 13.)

Les constructions en fer prennent chaque jour un développement considérable. Avec les progrès mécaniques, on voit surgir sans cesse de nouvelles et importantes applications de ce métal dans les édifices publics et particuliers.

A l'exemple de l'Angleterre, qui a sur nous l'avantage de posséder les matières premières, et, par suite, de produire la fonte et le fer à des prix inférieurs, nos ingénieurs s'occupent, avec une activité remarquable, d'une foule de projets divers dans lesquels ces métaux sont employés presque exclusivement.

Ainsi, après avoir exécuté des ponts, des fermes, des planchers d'une très-grande portée, on construit actuellement des halles, des gares, des palais mêmes, dont les principaux matériaux sont la fonte et le fer, qui ont le mérite, tout en présentant la plus grande solidité, de ménager plus d'espace, de laisser plus de jours et plus d'air, d'être complétement à l'abri des incendies, et de former, en définitive, des constructions plus économiques.

Parmi les ingénieurs qui, en France, se sont le plus adonnés aux applications du fer et de la fonte, nous devons citer M. E. Flachat, ingénieur en chef du chemin de fer de l'Ouest, dont nous avons déjà eu l'occasion

de publier quelques travaux, et en particulier les appareils du chemin atmosphérique de Saint-Germain (6e vol.).

C'est à cet habile ingénieur que l'on doit l'établissement des longues poutres en tôle du pont d'Asnières, sur la Seine, lequel a été érigé sans aucune interruption du service si actif et si multiplié de la triple voie qu'il est obligé de desservir pour les lignes de Versailles, de Saint-Germain et de Rouen. Ces poutres, qui ne sont autres que de grands tubes à section rectangulaire, ont été construites par la maison Gouin et Ce, à un prix tellement bas, qu'il n'excède que fort peu celui du métal même.

La construction des halles centrales de Paris, projetée d'abord pour être, à l'exception de la toiture, entièrement en pierres de taille, vient d'être profondément modifiée sur la demande même de l'Empereur. Le nouveau projet, beaucoup plus grandiose, adopte en grande partie le métal, qui permet d'obtenir sur la même superficie de terrain plus d'espace, plus de jours et plus de circulation. M. Baltard, architecte de la ville de Paris, est chargé de ce grand travail.

Le Palais de l'Industrie, sous la direction intelligente de MM. A. Barrault et Lorentz, et avec la coopération de plusieurs ingénieurs habiles, s'exécute aussi avec une large application de la fonte et du fer; à l'exception des façades extérieures qui donnent à ce palais le cachet monumental qu'il doit avoir, toutes les parties en seront presque exclusivement en métal. On sait que la construction de ce Palais a été entreprise à forfait par MM. York et Ce; un praticien éclairé et d'une grande activité, M. Sonolet, est chargé de la direction du montage.

On doit encore à M. E. Flachat l'exécution de ces belles et grandes fermes en tôle du nouvel embarcadère de l'Ouest, à Paris, lequel est sans contredit l'un des plus remarquables de tous ceux qui existent en Europe, et dont il a bien voulu, avec son obligeance accoutumée, nous communiquer les dessins de construction pour notre *Publication industrielle.*

Nous devons ajouter qu'il est aidé dans ces grands projets par des ingénieurs fort intelligents, d'une capacité éprouvée, qui travaillent sous ses ordres. Ainsi, nous citerons en particulier M. Pronnier, pour la gare des marchandises du chemin de l'Ouest, que nous allons décrire.

LÉGENDE EXPLICATIVE DES FIGURES CONTENUES DANS LES PL. 12 ET 13.

La fig. 1, pl. 12, représente en élévation longitudinale les trois hangars formant l'ensemble de la gare.

La fig. 2 est un plan général de ces hangars et du système de communication des voies.

Fig. 3, sections sur une plus grande échelle suivant la ligne 1-2 de la halle qui communique avec le quai d'embarquement.

Fig. 4 et 5, coupe et plan du système de montage et d'assemblage sur le sol d'une travée composée de quatorze feuilles de tôle.

Fig. 6, détail d'un des six boulons de serrage avec coin pour l'assemblage des tôles ondulées.

Fig. 7, plan horizontal d'une lanterne, la partie de droite vue en dessus, et celle de gauche, moitié en section, et moitié extérieurement avant le placement des glaces.

Fig. 8 et 9, élévations transversale et longitudinale de la même lanterne vue également partie en coupe et partie extérieurement.

Fig. 10 et 11, assemblage de la traverse du milieu de la lanterne avec le faîte.

Fig. 12, section faite suivant la ligne 3-4 de la fig. 8.

Fig. 13 et 14, assemblages des fers à vitres avec le faîte.

Fig. 15 et 16, assemblages des tôles ondulées et des fers à vitres avec le châssis de la lanterne.

Fig. 17 et 18, assemblage du faîte avec les tôles verticales.

Fig. 19, détail d'une feuille de tôle de la toiture.

Fig. 20, détail sur une grande échelle donnant la forme exacte des tôles ondulées.

La fig. 21, pl. 13, représente, en projection verticale et longitudinale, une des halles dessinée au 1/300 d'exécution.

La fig. 22 en est un plan d'ensemble, partie vue en dessus, et partie en sections faites à différentes hauteurs.

Fig. 23, coupe transversale suivant la ligne 5-6 indiquant la disposition de l'échafaudage pour le montage (les travées entre les lanternes se montent en deux parties et sont composées de sept feuilles, et celles des lanternes se montent en trois parties).

Fig. 24, élévation vue par bout du côté de Saint-Germain.

Fig. 25, vue extérieure d'une colonne assemblée avec la partie extrême de l'entablement du milieu.

Fig. 26, coupe verticale suivant la ligne 7-8.

Fig. 27, section horizontale de l'entablement suivant la ligne 9-10.

Fig. 28, section faite à la hauteur de la ligne 11-12 de l'embase de la colonne.

Fig. 29, élévation extérieure d'une colonne des côtés assemblée avec une poutre latérale extrême.

Fig. 30, section verticale faite suivant 13-14.

Fig. 31, plan du chapiteau.

Fig. 32, 33 et 34, sections horizontales faites suivant les lignes 15-16, 17-18 et 19-20,

Fig. 35 et 36, coupes verticales faites suivant les lignes 21-22 et 23-24 de l'entablement fig. 29.

Fig. 37 et 38, élévation extérieure et coupe verticale d'une portion de l'entablement des extrémités.

DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA GARE.

On sait que cette gare construite par la compagnie du chemin de fer de Saint-Germain est située entre les ateliers de cette compagnie et les fortifications de Paris.

DES QUAIS ET DES VOIES FERRÉES. — Le système adopté, pour cette gare, est celui du chemin de fer d'Orléans; elle se compose de trois groupes de quais A, fig. 2, pl. 12, de 80 mètres de longueur sur 12 mètres de largeur.

Ces trois groupes, espacés par des intervalles B de 15 mètres sont sur une même ligne parallèle, et très-rapprochés des voies principales du chemin de fer. Sur le front de ces groupes sont 4 voies, dont trois, C, de garage et de répartition des trains, et une C′ de déchargement sur le front des quais; une deuxième voie de déchargement D se trouve derrière les trois groupes, et enfin un quatrième quai E de 23 mètres de largeur sur 95 mètres de longueur pour les objets encombrants.

Les voies de garage, celles de décomposition et de recomposition des trains sont en communication directe par leurs deux extrémités avec les voies principales du chemin de fer de l'Ouest. Toutes ces voies communiquent d'ailleurs entre elles au moyen de quatre voies F, qui leur sont perpendiculaires, et de 32 plaques tournantes G.

Ce système de gare présente sur les deux autres types appliqués, l'un au chemin de fer de Strasbourg, et l'autre au chemin de fer de Rouen, l'avantage d'utiliser mieux l'espace, d'abréger les manœuvres de répartition et de classement des marchandises, et de faciliter la surveillance en concentrant le travail.

Chacun des trois groupes de quais, ainsi que les deux voies de chargement, sont abrités par un hangar de 80 mètres de longueur et 22 mètres de largeur.

DES HANGARS. — Les hangars devaient par leur construction exiger peu de réparations et être à l'abri de l'incendie. On a donc dû les construire entièrement en métal.

Chaque hangar se compose de trois rangées de colonnes en fonte H, espacées de 10 mètres, supportant un entablement également en fonte I et sur lequel la couverture J est assemblée.

La partie supérieure de l'entablement est disposée en chaineaux et reçoit les eaux de la couverture.

La forme des entablements est celle d'un solide d'égale résistance, les assemblages sont aux points d'inflexion, de sorte que les boulons d'assemblage fatiguent le moins possible.

Les entablements I sont assemblés avec les colonnes H (vues en détail fig. 25 à 38) par des boulons, et l'emboîtement d'un tuyau *h* conduisant les eaux du chenal dans l'intérieur des colonnes.

Les trois lignes d'entablement I sont reliées à leurs extrémités par un entablement I′ qui leur est perpendiculaire, et dans l'intervalle par des tirants *i* (fig. 27 et 22) au-dessus de chaque colonne, et qui détruisent la poussée de la couverture.

La forme des colonnes H est celle d'une bielle en fonte, avec une base et un chapiteau, elles sont creuses et servent à l'écoulement des eaux de la couverture.

Les colonnes sur le front des quais sont posées sur un dé *j* en pierre de taille, et rejettent l'eau aux pieds des dés par un coude *k* qui pénètre leur base.

Celles du centre ont un dé en fonte *l* pris dans le quai; elles sont également creuses et servent à évacuer les eaux qui se rendent dans le chenal du milieu. Un tuyau en fonte *l′*, assemblé avec la colonne dans l'intérieur du dé et débouchant dans le parement du mur du quai, amène les eaux au pied de ce mur (voy. fig. 3).

Les quais sont éclairés latéralement par le jour, qui n'est arrêté par aucune cloison, et par des lanternes K d'environ 6$^{m.q.}$ de surface, disposées à la partie supérieure de la couverture et espacées de 10 mètres.

Avant d'entrer dans les détails du système de couverture, il n'est peut-être pas inutile d'indiquer, en quelques mots, les points principaux par lesquels elle diffère de celles qui sont actuellement employées :

FORME DE LA COUVERTURE. — Les couvertures métalliques exécutées jusqu'à présent se composent de deux parties très-distinctes :

La première, qui est la couverture proprement dite, remplit, en général, à elle seule, le but qu'on se propose d'atteindre, qui est d'abriter une certaine surface.

La deuxième, qui est composée de fermes, pannes, etc., est destinée à supporter la couverture, elle constitue la charpente.

Ce système de couverture est irrationnel, suivant l'auteur; il y a un double emploi de matière. On peut, en effet, toujours donner à une couverture métallique une forme qui lui permette de se soutenir d'elle-même, et supprimer la charpente, c'est cette raison qui a conduit à employer le métal en feuilles ondulées (1).

Cette forme peut être assimilée à celle d'un double T, qui est la forme la plus résistante, à quantité égale de matière.

Voici maintenant les raisons qui ont conduit à adopter la forme cylindrique : La main-d'œuvre est évidemment plus simple ; de plus cette forme

(1) La disposition des tôles ondulées paraît aujourd'hui prendre une très-grande extension. On n'en fait pas seulement des applications pour les couvertures d'édifices, pour les fermetures de bâtiments, mais encore pour certains appareils, comme des chaudières, des générateurs de vapeur. Dans ce cas, elles ont cet avantage d'augmenter notablement les surfaces de chauffe.

Nous avons été chargés récemment de demander des brevets, en France, au nom de M. Rémond, de Birmingham, pour des dispositions de tubes et de chaudières, composés avec des feuilles ondulées, et applicables soit aux locomotives, soit aux navires à vapeur, soit aux machines de fabriques.

est la plus avantageuse sous le rapport de l'économie du métal, c'est-à-dire qu'une ferme circulaire est dans de meilleures conditions de résistance qu'une ferme composée d'arbalétriers rectilignes, que ces arbalétriers soient d'ailleurs armés ou non. C'est ce qu'une comparaison entre deux couvertures construites dans ces deux systèmes et chargées de la même manière suffira à mettre en évidence.

La forme cylindrique étant adoptée, voyons maintenant l'espèce de courbe que l'on doit employer et la hauteur de la flèche.

Si la couverture n'avait d'autre effort à supporter que celui de son propre poids, la courbe rationnelle serait une chaînette; si la charge était uniformément répartie en projection horizontale, la courbe rationnelle serait une parabole.

En effet, dans ces deux cas la résultante des forces en un point quelconque de la courbe étant toujours dirigée suivant l'élément de cette courbe, le métal travaillerait simplement à la compression, mais la direction des forces auxquelles la couverture est soumise, peut être bien différente de ces deux hypothèses. Car la couverture est exposée à des vents très-violents, dont la direction est variable; elle doit encore supporter des surcharges, telles que les échafaudages employés pour les réparations, et qui ne seront pas disposés symétriquement.

Comme il n'y a pas de courbe qui puisse satisfaire à ces conditions incompatibles, les auteurs du projet ont adopté l'*arc de cercle*, qui n'ayant qu'une courbure, a au moins l'avantage d'être d'une construction plus simple et exige moins de soins dans le montage que toute autre courbe; d'ailleurs, avec des flèches qui ne sont pas considérables, la chaînette, la parabole et l'arc de cercle diffèrent très-peu.

Il reste à examiner quelle flèche on doit adopter.

Proportions de la flèche de l'arc. — En augmentant la flèche, on diminue l'effort de compression, mais on augmente le développement de l'arc. Dans le cas d'une surcharge répartie uniformément en projection horizontale sur un arc de parabole, la flèche qui donne le minimum de poids est un peu supérieure aux 4/11 de la longueur de la corde.

En construction on a pris une flèche moindre que le 1/5 de la corde, ce qui donne environ une augmentation de poids de 1/6; mais on ne doit pas considérer cette augmentation comme absolue, car, pour certaines surcharges, la hauteur de la flèche indiquée plus haut ne serait pas aussi favorable que dans le cas que nous avons considéré.

Ondulations des tôles. — M. Pronnier démontre par le calcul qu'une feuille de tôle ondulée pouvant être considérée comme un fer à double T, qui aurait pour parois horizontales la demi-largeur de la tôle, et pour parois verticales la somme des parties verticales des ondulations, à matière égale, le moment d'inertie sera d'autant plus grand que les ondulations seront plus profondes, moins nombreuses, et qu'elles se rapprocheront plus de la forme rectangulaire. Mais, craignant les effets de l'oxydation

sur des tôles trop minces, et des déformations avec des ondulations trop larges, on a adopté une épaisseur de tôle de 2 millim. et des ondulations de 160 millim. de largeur sur 80 millim. de profondeur (voir fig. 20). Les parois horizontales de deux ondulations voisines sont raccordées par deux arcs de cercle de 40 millim. de rayon, tangents entre eux et à ces parois.

Le calcul donne, dans le cas qui nous occupe, 3 kilogrammes pour compression maxima dans la section normale à la surface cylindrique.

Les auteurs n'ont pas cru prudent, dans un premier essai, de dépasser ce chiffre, bien qu'il soit certainement trop faible.

Nous allons maintenant nous occuper de la construction proprement dite.

DÉTAILS DE CONSTRUCTION DE LA COUVERTURE. — La couverture est formée d'une suite d'anneaux de 850 millim. de largeur, emboîtés et rivés par leurs cannelures extrêmes. Chaque anneau est composé de 7 feuilles cintrées *a* (fig. 4, 5 et 23) suivant la courbure même de la couverture, et de $1^{m}70$ de longueur développée (fig. 19); ces feuilles sont emboîtées l'une dans l'autre sur une longueur de 65 millim. (fig. 20) et réunies par deux rangées de rivets espacés de 50 millim.

Toutes les tôles sont de mêmes dimensions, excepté celles qui s'assemblent avec les lanternes; les dimensions de celles-ci ont conduit en effet à diminuer la longueur de quelques-unes et à en échancrer d'autres.

La couverture est assemblée avec les entablements, au moyen d'une cornière *b* fixée à chaque ondulation inférieure par 2 boulons de 12 millim. et à l'entablement par une série de boulons de 15 millim. de diamètre et espacés de 20 centimètres; les extrémités de la couverture sont fermées par des tôles légèrement ondulées.

Les lanternes K se composent d'un cadre en cornière *c* (fig. 7 à 16), simple dans le sens transversal de la couverture, et double dans le sens horizontal. La partie simple du cadre s'appuie sur la couverture, la partie double emboîte les ondulations *a*.

Sur le cadre sont rivées trois feuilles de tôle verticales *d*, qui divisent la lanterne en deux compartiments égaux. Ces feuilles de tôle sont renforcées sur tout leur périmètre par une cornière *e* (fig. 7 à 11) rivée, et qui sert dans la partie supérieure à supporter le vitrage avec les fers à vitres *f*. Les feuilles de tôle sont encore maintenues à leur partie supérieure par une barre de fer *g* formant le faîtage.

Le cadre de la lanterne est fixé sur la couverture par deux rangées de rivets espacées de 80 millim. Les rivets des petites cornières appliquées sur les feuilles verticales sont à 50 millim. de distance.

Les lanternes sont complétement terminées avant leur montage sur la couverture.

L'assemblage des feuilles de la couverture est de la plus grande simplicité : on commence par percer les trous de rivets à une seule extrémité de

chaque feuille de tôle, puis toutes les tôles qui doivent composer un anneau sont placées dans leur position définitive sur un cintre qui a exactement la forme de la couverture, on trace alors les trous de chaque feuille sur l'extrémité de celle qu'elle recouvre, excepté sur celle qui est à la partie supérieure de l'anneau; on enlève toutes les feuilles, on perce les trous tracés, puis on rive les tôles, et on a ainsi un anneau en deux parties.

Ces deux portions d'anneau sont ensuite enlevées et placées sur les cintres de montage M (fig. 4, 5 et 23). On les assemble à leur partie inférieure aux entablements I avec la cornière *b* (fig. 8), puis on trace la dernière rangée de trous et on fixe ensuite cet anneau au précédent. On procède ainsi jusqu'à ce qu'on soit arrivé à l'extrémité de la couverture. Le cintre M est installé de manière à se déplacer très-facilement à mesure qu'on ajoute un nouvel anneau.

Tous les rivets employés sont de 4 à 7 millim. de diamètre et sont posés à froid, ce qui augmente encore la facilité du travail.

Le prix de revient de cette couverture est donné par le tableau suivant.

FERME EN TOLE ONDULÉE

De 11 mètres de portée sur 10 mètres, soit une surface couverte de 110 mètres carrés.

DÉSIGNATION DES MATIÈRES.	POIDS PARTIEL.	POIDS TOTAL.	PRIX DE L'UNITÉ.	PRIX DE TOTAL.
	kilog.	kilog.	fr. par 100 k.	fr. c.
Tôle ondulée et rivée	2430			
Cornières	127			
Fers à vitrage	11.78	2664.50	57	1518.75
Fers plats	2.66			
Fers ronds	93			
Fonte	»	»	»	»
Boulons, tirants	12.74	12.74	57	7.26
Peinture à 2 couches	240m q	»	par 100 m.q. 160	384.20

Ce qui correspond, en somme, à 16 fr. 62 cent. le mètre carré.

Sans examiner s'il est préférable d'établir des couvertures chères mais incombustibles, et d'un entretien à peu près nul, ou d'en établir de peu coûteuses et d'une durée restreinte, nous affirmerons que toutes les fois que l'emploi du métal aura été adopté pour une couverture, l'application de la tôle ondulée telle qu'elle a été faite ici donnera un résultat plus économique que le système suivi jusqu'à présent, attendu que l'on n'a pas de

double emploi de matières et que la forme qui lui a été donnée est la plus favorable.

Ce système de couverture peut d'ailleurs s'appliquer à toutes les portées. En effet, si pour les grandes portées la profondeur des ondulations devenait trop considérable et entraînait à de grandes difficultés, on pourrait former les ondulations en rivant des bandes de tôle verticale sur des feuilles horizontales dont les rebords seraient recourbés à cet effet.

Aux avantages qui viennent d'être signalés pour ce genre de couverture se joint encore celui d'un éclairage facile, qu'on peut obtenir, soit en substituant un anneau de verre à un anneau de tôle, soit, pour les gares qui doivent être très-éclairées, en interrompant la couverture dans le sens longitudinal et remplaçant les tôles par des arcs en fer de même résistance.

En résumé, l'emploi rationnel du métal, la simplicité de la couverture, la facilité du montage de cette couverture nous portent à recommander l'application de la tôle ondulée dans les circonstances que nous venons d'indiquer, toutes les fois que l'on voudra construire une couverture métallique.

Nous ne terminerons pas cet exposé sans faire remarquer que toutes les couvertures et principalement les couvertures courbes ne sont pas dans des conditions d'équilibre stable, et que la stabilité ne s'obtient qu'en employant un grand excès de matière, ce qui revient, en définitive, à prendre des coefficients de résistances faibles. En effet, le métal résistant à un effort de compression, si une cause accidentelle vient à déformer la couverture, les forces qui y sont appliquées tendent à augmenter cette déformation.

Il n'en serait pas ainsi si la tôle travaillait à la traction, si elle était, par exemple, dans les conditions des chaînes de ponts suspendus, qui au contraire sont dans des conditions d'équilibre stable. Dans ce cas, si une cause venait à altérer la forme primitive de la couverture, cette forme serait rétablie par la pesanteur même dès que la cause aurait disparu.

Ce système permettrait donc l'emploi des tôles plates et de coefficients de résistance maximum, ce qui diminuerait considérablement le poids en simplifiant la construction et produirait ainsi un double avantage.

NOTE

SUR LES FERMES ET SUR LES COUVERTURES MÉTALLIQUES.

Nous croyons utile, pour compléter l'article qui précède, de donner quelques notes sur les fermes et plus particulièrement sur les couvertures métalliques.

Les fermes en fer du marché de la Madeleine que tout le monde peut voir à Paris, et qui ont été construites par M. Veugny, peuvent être considérées comme le type de celles dont on recouvre aujourd'hui les halles, magasins, chantiers, gares, etc., lorsqu'elles ne dépassent pas 15 à 20 mètres d'ouverture (1). Les dimensions et les formes ont été réglées de telle sorte que leur résistance fût en rapport avec leur destination.

Ainsi, les pièces chargées y sont méplates et ont leur champ perpendiculaire à la direction de l'effort qui tend à les fléchir; celles qui tirent sont rondes. Toutes les pièces d'assemblage ont été exécutées en fonte, et l'on n'a employé le fer forgé que là où il n'exigeait que peu de façon.

Chaque ferme se compose de deux colonnes en fonte espacées de 12 mètres d'axe en axe, de deux arbalétriers, d'un entrait ou tirant, d'un poinçon, de deux contrefiches et de deux faux poinçons; et, pour les appentis, d'un simple arbalétrier. Les colonnes reposent sur des dés en pierre de 0^m40 de saillie, solidement fondés et encastrés dans le dallage. Elles supportent les arbalétriers et sont reliées par le tirant dans un sens et, dans le sens longitudinal, par deux entretoises. Celles-ci se composent chacune d'une pièce horizontale renforcée en dessous par un arc auquel elle est reliée par trois bagues formant moises. L'entretoise supérieure, placée au niveau de la partie supérieure des colonnes, fait fonction de sablière; la seconde descend à la hauteur d'où partent les arbalétriers des appentis, et leur sert de faîtage.

Les colonnes de fonte sont formées de deux pièces qui se placent l'une sur l'autre; le joint est au-dessus du chapiteau inférieur; la réunion des deux pièces se fait au moyen d'un goujon en fer forgé, que l'on fait pénétrer également dans le vide des deux colonnes, et que l'on fixe au moyen de quatre goupilles rivées.

Les arbalétriers en fer forgé ont 0^m067 sur 0^m013; ils ne comportent d'autre ajustement qu'un tenon rapporté vers leur extrémité inférieure, et disposé pour s'emboîter dans la mortaise pratiquée à l'extrémité du tirant. Cette réunion de l'arbalétrier au tirant fait que la poussée des arbalétriers agit directement sur le tirant au moyen d'une clavette, et ne se transmet

(1) Extrait de l'*Aide-mémoire général et alphabétique des ingénieurs*, par M. T. Richard.

point aux colonnes; la colonne porte d'ailleurs au dessus de son chapiteau deux oreilles entre lesquelles viennent se loger ces deux pièces, de sorte qu'elle ne sert plus que de support. Cependant la clavette traverse les deux oreilles, afin que le tirant relie en même temps les têtes des deux colonnes d'une même ferme.

A leur partie supérieure, les deux arbalétriers d'une même ferme s'engagent entre les oreilles opposées d'une pièce en fonte préparée pour les recevoir; elles y sont fixées par des goupilles.

Les *contrefiches* de 0^m054 sur 0^m013 partent du milieu des arbalétriers, et aboutissent au pied du poinçon principal. Au point de jonction de l'arbalétrier et de la contrefiche, aboutit un faux poinçon en fer forgé; on relie ces trois pièces entre elles au moyen de deux oreilles adaptées à la partie supérieure du faux poinçon, et goupillées à l'arbalétrier. A leurs extrémités inférieures, les deux contrefiches viennent s'emboîter dans un sabot en fer forgé qui reçoit en même temps le pied du poinçon et se trouve traversé par l'entrait.

L'*entrait*, ou tirant, est en fer rond de 0^m018, ainsi que les poinçons; celui du milieu pénètre à sa partie supérieure dans une douille adaptée à la pièce de fonte qui reçoit les arbalétriers. A sa partie inférieure, il s'assemble dans le sabot en fer forgé placé à la jonction des contrefiches. Les faux poinçons sont reliés à l'entrait par des croupières qui embrassent cet entrait et auxquelles ils sont goupillés.

Le *faîte* a la même dimension que les arbalétriers. Il est fixé à chaque ferme au moyen des oreilles adaptées à la même pièce en fonte qui reçoit les parties supérieures des arbalétriers. Des goupilles en fer forgé, traversant à la fois les deux oreilles en fonte et le faîte, établissent la liaison entre ces pièces.

Les *pannes* sont fixées sur les arbalétriers au moyen d'anneaux en fonte qui embrassent ceux-ci et qui portent latéralement des mortaises ouvertes du haut et dans lesquels s'engagent les abouts de ces pannes. La panne inférieure seule est recourbée à ses extrémités et fixée par un rivet aux abouts des deux arbalétriers qu'elle relie.

Les *chevrons* qui soutiennent la couverture, dans les vides, ont 0^m135 en carré; ils s'assemblent à mi-épaisseur sur les pannes et sur le faîte; mais sur celui-ci, ils sont disposés à queue d'hironde, afin qu'ils ne puissent glisser; leur écartement est de 1 mètre. Ils sont croisés perpendiculairement par des traverses de mi-grosseur, espacées de 0^m34 les unes des autres, et servant à retenir les ardoises en zinc qui forment la couverture. A cet effet, on a soudé sous les ardoises, à 0^m10 de leur bord inférieur, deux crochets qui embrassent ces fausses pannes.

Les *armatures*, qui relient les colonnes dans le sens de l'axe, sont formées de pièces de 0^m054 sur 0^m013. Elles s'adaptent aux colonnes au moyen d'oreilles en fonte qui, comme toutes celles dont il a été question, ont 0^m072 de longueur, et 0^m013 d'épaisseur.

M. Jules Renaux à Lyon, a établi pour l'usine à gaz de Perrache, des fermes en fonte recouvertes de tôle cannelée, en forme de demi-cylindres rivés alternativement convexes et concaves, de 0^m33 de diamètre.

Chaque ferme se compose de six pièces à nervure solidement boulonnées et maintenues par deux tirants en rondin de fer laminé, qui se boulonnent sur chaque côté du patin, et sont réunis dans le milieu par un trait de Jupiter et deux anneaux.

Les quatre châssis supérieurs de chaque ferme sont à jour. Les fermes sont distancées de 4^m33, et maintenues verticales par trois cours de barres de fer dont l'une forme le faîtage, et les deux autres servent de pannes.

Le bâtiment a 12 mètres de largeur sur 30 de long. Les six fermes pesant chacune 960 kil. et la couverture mises en place ont coûté 15,000 fr.

Voici ce qu'on lit dans l'*Aide-Mémoire des Ingénieurs*, publié par M. Tom Richard, au sujet des couvertures métalliques, dont plusieurs documents sont empruntés au mémoire sur les couvertures de M. le colonel Belmas, dans le *Mémorial de l'Officier du Génie :*

« Les couvertures métalliques sont à grandes ou à petites feuilles. Le premier système a sur le second l'avantage de diminuer les joints, aussi est-il généralement préféré, bien que le système à petites feuilles ou à ardoises métalliques offre moins de chance d'accidents graves, en ce que les points d'attache y sont plus multipliés, et que de plus la pose de ces espèces d'ardoises puisse s'exécuter partout avec plus de facilité, à cause de leur analogie avec les matériaux plus communément employés.

« Quel que soit le métal qu'on emploie, ces feuilles doivent être assemblées à dilatation libre, et le recouvrement dans le sens de la pente doit être d'autant plus grand que cette pente est plus petite. A 1 de base sur 2 de hauteur, ce recouvrement ne dépasse pas 0^m12, il atteint 0^m20 à 0^m25 pour 6 de base sur 1 de hauteur. L'inclinaison ordinaire des couvertures métalliques est de 21° à 25°; et comme, en outre, ces couvertures sont extrêmement légères, le cube de bois des combles qui les portent se réduit par mètre carré de couverture et sans les tirants des fermes à 0^m042. Ces couvertures se posent d'ailleurs sur des lattis en bois ou en fer, ou sur des planchers en voliges.

« LATTIS DES COUVERTURES MÉTALLIQUES A GRANDES FEUILLES. — Lorsque le comble est en fer, la couverture s'établit sur des châssis en fer forgé qui s'encadrent exactement entre les arbalétriers et reposent sur des taquets boulonnés. Ces châssis sont divisés en rectangles de $0^m40 \times 0^m30$ environ, par de petites tringles de fer de $0^m02 \times 0^m03$, de manière à former des grils sur lesquels on fixe les feuilles qui s'accrochent par le bas, à l'aide de divers moyens que nous examinerons tout à l'heure.

« Lorsque le lattis est en bois, il ne consiste quelquefois qu'en une série de tringles de 0^m06 à 0^m08 disposées horizontalement, comme des pannes, et espacées de 0^m18 à 0^m20. Mais, plus ordinairement, le lattis est formé de voliges de 0^m014 d'épaisseur, au moins, presque jointives, entre les-

quelles on ne laisse que le jeu nécessaire à la dilatation. La largeur de ces voliges ne doit pas dépasser 0m 12 à 0m 15, afin qu'elles se tourmentent moins et qu'elles ne déplacent pas les feuilles métalliques qui les recouvrent.

« ASSEMBLAGE DES FEUILLES MÉTALLIQUES. — La nécessité absolue de laisser aux feuilles métalliques la liberté de se dilater et de se contracter sous l'influence des variations de la température, a donné naissance à un assez grand nombre de modes d'assemblage, soit dans le sens de la pente, soit dans le sens horizontal, et dont nous rappellerons les principaux.

« Dans le sens de la pente, on forme des agrafures simples en enroulant l'un dans l'autre les côtés de deux feuilles contiguës, et, pour plus de solidité, on enroule même, de distance en distance, dans ce double boudin, des lames de métal dont une extrémité forme une main d'attache, que l'on cloue sur le lattis ou le plancher. Le sens de l'enroulement doit être tel que le dos soit tourné du côté du vent de la pluie. Le zinc exige que ces boudins soient formés à chaud ; ils se feraient parfaitement bien à froid avec le cuivre et les bonnes tôles françaises au bois.

« On fait encore des agrafures doubles formées de deux boudins recouverts par un chapeau dont le diamètre extérieur ne doit pas être trop faible.

« Dans le sens horizontal, les grandes feuilles métalliques peuvent être attachées à dilatation libre par l'un des procédés suivants :

« Lorsque le lattis est en bois, chaque feuille est fixée par le haut avec des vis placées sous le recouvrement de la feuille supérieure elle porte en dessous et par le bas des agrafes d'environ 0m10 sur 0m13, soudées à 0m10 du bord de la feuille et qui passent sous la feuille inférieure entre les vis, de manière à ne pouvoir être soulevées par le vent, tout en laissant libre l'effet de la dilatation.

« Souvent aussi les agrafes au nombre de deux seulement, sont placées assez haut pour ne point rencontrer le bord supérieur de la feuille inférieure ; on engage alors leurs languettes sous des crampons en fer fixés d'avance sur le voligeage.

« Si le lattis est en fer, les grandes feuilles s'attachent par le bas à des tringles, à l'aide d'un repli fait au bas de la feuille même, et qui embrasse la tringle du châssis en même temps que la feuille inférieure qui se trouve ainsi recouverte par le haut ; de plus, ce repli est fendu longitudinalement de distance en distance pour recevoir les dents découpées à la partie supérieure de la feuille inférieure.

« COUVERTURE EN ZINC. — Le zinc a sur beaucoup d'autres métaux cet avantage que son oxyde adhère très-fortement à sa surface, et protége ensuite les couches inférieures de métal de toute altération de la part de l'air et de l'eau. Il importe énormément toutefois qu'il ne soit pas en contact avec le fer sous l'influence de l'humidité ; aussi ne doit-on employer que des clous recouverts de zinc dits clous galvanisés, pour le fixer au lattis. Les acides les moins énergiques l'attaquent toutefois facilement, et proba-

blement il conviendrait peu pour recouvrir des usines exposées à l'action de gaz sulfureux.

« Les feuilles pour couvertures ont à peu près 0m001 d'épaisseur, leur longueur peut varier de 1 à 6 mètres et leur largeur de 0m66 à 1 mètre. Le poids du mètre cube de zinc pèse 7190k; le poids du mètre carré de couverture de 0m001 d'épaisseur est de 7k à 7k75. Les 100 kil. de zinc en feuilles coûtent environ 60 fr.

« On emploie quelquefois à Paris des feuilles qui ont moins de 0m001 d'épaisseur, et que des entrepreneurs livrent au prix de 6 fr. à 7 fr. 50 c. le mètre toutes posées. Ces feuilles n'ont pas une épaisseur suffisante.

« Sa durée est encore inconnue : elle est au moins de 20 à 25 ans, car il existe des couvertures en zinc en bon état qui datent de 1820. Parmi les établissements pour lesquels on a adopté ce métal, on peut citer dans le Nord de grands hangars des docks de Londres et de Liverpool, les cales couvertes d'Amsterdam, Rotterdam; à Paris, plusieurs théâtres, une foule de maisons particulières, et le marché de la Madeleine.

« On a reproché aux couvertures en zinc, dit M. le colonel Belmas, l'inconvénient de s'enflammer avec déflagration dans les incendies; mais cette objection n'est pas fondée, et les expériences faites à Liége et à Paris prouvent que dès que la chaleur se fera sentir à 360°, qui est son point de fusion, il coulera et ira se figer dans les cendres ou sur le sol.

« COUVERTURES EN TÔLE. — On emploie beaucoup ce mode de couverture en Russie dont le climat sec est peu favorable à l'oxydation du métal. On ne donne aux feuilles de tôle qu'une épaisseur de 0m0007, ce qui porte le poids de la couverture par mètre carré avec les agrafes et recouvrements à environ 7k. On peint la tôle à l'huile tous les huit ou dix ans, et l'on présume qu'ainsi sa durée peut atteindre cinquante ans. Krafft portait cette durée à cent ans.

« La nécessité de reployer les feuilles commande l'emploi exclusif de bonnes tôles françaises au charbon de bois, qui se paient aujourd'hui 0 fr. 70 le kil. à l'usine. On ne pense pas que, pose comprise, la couverture en tôle coûte plus de 7 fr. le mètre carré. La vieille tôle se revendrait à raison de 0 fr. 20 le kil., soit 1 fr. 40 le mètre carré de couverture. C'est peut-être l'une des couvertures les plus économiques et les plus convenables à des usines.

« TÔLE CANNELÉE. — On a fait aussi en Angleterre des couvertures en tôle cannelée qui présentent quelques avantages. M. Renaux a imité ce mode dans sa couverture de l'usine à gaz de Perrache, à Lyon. Les tôles employées avaient épaisseur 0m0015; les feuilles ont été cannelées à l'aide d'une paire de cylindres en bois de 0m25 diamètre, manœuvrés par des leviers. Avant de les passer au cylindre, on les perçait sur les bords, puis, après leur passage, on les assemblait et on les réunissait entre elles de manière à former toute la hauteur du revers du toit et par portion de 2m30 de large. Les clouures dans le sens longitudinal étant faites sur le chantier,

l'on n'avait plus à s'occuper en place que de celles qui restaient à faire par intervalles dans le sens de la largeur. Les rivets qui ont servi à fixer la tôle ont reçu 0m 01 de tige et ont été espacés de 0m 02 à 0m 03 de milieu en milieu, et les rivures et les têtes relevées ensuite et resserrées à la bouterolle. La chevauchure des feuilles les unes sur les autres est de 0m 04 au plus.

« La couverture est fixée sur la charpente en fonte au moyen de brides ou de petites équerres également en fonte, espacées de mètre en mètre, embrassant les deux cours de panne et le faîtage, et rivées sur la tôle par les deux extrémités. Pour s'opposer mieux encore aux efforts du vent, on a fixé de plus la couverture sur les murs de faîte au moyen de petits crochets de fer scellés dans la maçonnerie et sur les dalles du couronnement. Enfin, le faîtage est recouvert par une portion de cylindre en tôle de 0m 50 de diamètre, placée de manière à empêcher l'introduction de l'eau de pluie et à permettre cependant le passage aux fumées de l'intérieur. Ce cylindre est placé à cheval sur l'extrémité des deux revers et attaché sur chacun d'eux au moyen de brides en fer ruban aussi rivées sur la tôle.

« Il a fallu 1m 50 de développement de tôle pour avoir 1 mètre de tôle cannelée. Le mètre carré de couverture de tôle cannelée pesait, rivets compris, environ 20 kil.; il est revenu avec déchets, façon et main-d'œuvre, à près de 23 fr., quoique la tôle n'ait coûté que 65 fr. les 100 kil. C'est un prix fort élevé.

« La toiture achevée, elle a été peinte à double couche, en dessus et en dessous, avec du goudron minéral provenant de la pistillation de la houille.

« Couverture en plomb. — Les tables de plomb employées pour couvertures doivent avoir épaisseur 0m 0035 au moins et mieux 0m 0045; leur longueur est d'environ 3 mètres et leur largeur 2 mètres; le mètre carré de couverture de 0m 0035 d'épaisseur pèse environ 40 kil. et revient, pose comprise, à 24 fr., plus les accessoires. Le même poids de vieux plomb vaudrait encore environ 19 fr. Cette espèce de couverture n'exige presque aucun entretien; sa durée est de plusieurs siècles. L'église de Notre-Dame-de-Paris en offre un exemple. Sous une inclinaison de 21° elle exigerait, sans les tirants, 0m 064 de bois pour les fermes, par mèt. car. de couverture.

« Couverture en cuivre. — L'épaisseur des feuilles de cuivre est d'environ 0m 00075 : lorsqu'elle est moindre il convient d'étamer les feuilles en dessous. Leur longueur et leur largeur sont ordinairement de 1m 40 × 1m 14. Le kilog. de cuivre neuf, mis en place, coûte environ 4 fr.; le même poids de vieux cuivre se revend 2 fr. A la chambre des députés, pour laquelle on a adopté ce mode de couverture, l'épaisseur des feuilles est de 0m 0006; le mètre carré pèse environ 6k 11; le kilogramme a été payé à l'entrepreneur 3 fr. 80 c., ce qui porte à 23 fr. 22 c. le prix du mètre carré de couverture.

« Sous l'inclinaison de 21° cette couverture exigerait par mètre carré environ 0m 045 de bois aux fermes, sans les tirants.

« La Halle au blé, la Bourse, sont couvertes en cuivre.

« Quoique la durée des couvertures en plomb et en cuivre soit très-longue et l'entretien presque nul, les frais de premier établissement sont en général trop élevés pour convenir à des usines industrielles.

« PRIX. — Lorsque les feuilles métalliques sont en zinc et qu'elles coûtent 60 fr. les 100 kil., l'entrepreneur se charge de cette couverture à raison de 7 fr. 25 le mètre, savoir : feuilles de zinc (nº 14), 4 fr. 20; préparation des feuilles, 80 cent.; pattes et crampons, 25 cent.; voligeage en peuplier, 1 fr.; main-d'œuvre 50 cent.; bénéfice et faux frais, 50 cent. Il convient d'ajouter par mètre courant pour solins en plomb de 0m 08 de large, 1 fr. 50 c.; deviures, 1 fr.; noues, 1 fr. 25 c.; tranchis, 75 cent.; égouts, 1 fr.; faîtage 1 fr. 50 c.; la pose d'un châssis, 2 fr. — Il se charge des réparations d'entretien et de propreté à raison de 5 cent. le mètre carré par an. »

APPAREILS DE CHAUFFAGE PAR LE GAZ.

GAZ HYDROGÈNE. — GAZ OXYDE DE CARBONE.

DIVERS PROCÉDÉS.

Le chauffage par le gaz est une question qui occupe aujourd'hui un très-grand nombre de personnes; mais il faut le dire, elle n'est pas envisagée par toutes sous les mêmes points de vue, ni travaillée de la même manière. On pourrait, sans nul doute, partager ce sujet en deux parties bien distinctes, l'une concernant le système de chauffage par le gaz hydrogène proprement dit, l'autre concernant le système de chauffage par l'oxyde de carbone.

La production du gaz hydrogène peut, comme on le sait, provenir d'une infinité de matières, et en particulier, de la houille, de la résine, du bois, de la tourbe, de l'eau, etc. Suivant que ce gaz est pur ou combiné avec du carbone, il n'est pas éclairant, ou il produit une lumière plus ou moins vive; mais dans l'un comme dans l'autre cas, il est inflammable, et susceptible de donner une chaleur très-intense.

Pour l'application à l'éclairage, il faut nécessairement qu'il soit carburé, c'est ce qui a lieu, lorsqu'on le tire de la distillation de la houille, ou d'autres substances plus ou moins riches en carbone; mais pour le chauffage, il peut être employé pur, seulement il importe, pour qu'il devienne d'une application utile et avantageuse, qu'il soit produit à très-bon marché.

De là la recherche constante, depuis plusieurs années, de matières communes et peu coûteuses, de moyens simples et économiques, pour la production d'un tel gaz. De là un grand nombre de brevets demandés pour ce sujet, soit en France, soit dans les diverses contrées de l'Europe.

Parmi les inventeurs (et ils sont nombreux) qui se sont le plus particu-

lièrement occupés de cet objet, nous mentionnerons M. Lacarrière, qui en a fait une étude toute spéciale depuis plus de vingt ans; M. Shepard, dont on a annoncé récemment les résultats merveilleux pour la fabrication économique du gaz à l'eau par l'électricité; M. Jeanneney, chimiste distingué, à qui on doit, sous ce rapport, des découvertes utiles, et qui est parvenu à utiliser, avec succès, le *boghead* (1); nous devons citer encore MM. André Kœchlin, de Perpigna et Duchâtel, devenus depuis peu cessionnaires du privilége de MM. Moreau et Langlois pour leur système de distillation de la tourbe et de la fabrication du gaz.

Nous ferons connaître un jour les divers procédés que nous avons eu l'occasion de décrire pour les demandes de ces différents brevets, et que nous suivons avec le plus grand intérêt.

Dans l'état actuel, le gaz fabriqué par les usines existantes, et destiné spécialement à l'éclairage, est encore d'un prix beaucoup trop élevé pour permettre de l'employer comme chauffage. Ainsi, si nous sommes bien informés, on estime qu'en moyenne, à Paris, le gaz de houille revient aux compagnies à 9 ou 10 centimes le mètre cube, y compris les frais d'administration, et que les dépenses générales des conduites principales doublent ce chiffre, ce qui élève le mètre cube à environ 20 ou 21 centimes.

M. Lacarrière, pour éviter les frais de conduites qui sont, comme on le voit en effet, très-considérables, a eu l'idée de fabriquer le gaz hydrogène à domicile, et il a imaginé pour cela des appareils fort ingénieux; il propose de faire le gaz par la décomposition de l'eau, soit à l'aide d'un courant électrique, soit avec l'emploi d'agents chimiques, et de vendre les résidus dont on pourrait tirer bon parti comme engrais pour l'agriculture ou pour des applications industrielles. Suivant que le gaz doit servir à l'éclairage ou au chauffage, il le rend éclairant, en le carburant par des huiles essentielles, ou il le laisse à l'état d'hydrogène pur.

M. Shepard, qui a suivi et perfectionné les moyens imaginés par feu M. Nollet, de Belgique, propose également le gaz à l'eau, qu'il décompose d'une manière très-simple et très-économique, avec une machine électro-magnétique d'une construction fort remarquable. Les expériences pratiques qui doivent se faire prochainement, à l'hôtel des Invalides, ne tarderont pas à faire connaître les résultats que l'on doit attendre de ce procédé, pour l'exploitation duquel il s'est formé à Paris une société très-importante et pour laquelle nous avons demandé des brevets partout.

M. Jeanneney, qui est convaincu que le *boghead* est une matière que l'on pourra se procurer à bon marché pendant longtemps encore, a constaté que lorsqu'à Mulhouse le prix du gaz à la houille revient aux usines à 3 cent. 243, et coûte aux particuliers 5 cent. 405 par bec et par heure, le gaz-boghead ne revient qu'à 1 c. 684, frais de tout genre compris. Cet

(1) Le *boghead-cannel-cool* d'Écosse est une sorte d'argile bitumineuse noire, schistoïde, que les minéralogistes nomment *argile ampélite*.

habile ingénieur a déjà monté, depuis deux ans, en Alsace, 44 fabriques qui fournissent ensemble 12,877 becs, dont 10,877 environ brûlent du gaz-boghead; il y a appliqué son système de cornues plates, pour lesquelles il est breveté en France et en Allemagne.

Le gaz, produit de la tourbe qui est un combustible si commun dans un grand nombre de localités, doit aussi, par les procédés de MM. Moreau et Langlois, se fabriquer à des prix très-bas, qui, sans doute permettront de l'employer avec profit comme chauffage.

En Angleterre, où les combustibles, très-riches en gaz, comme la houille, coûtent infiniment moins qu'en France, non-seulement on éclaire partout au gaz, mais depuis plusieurs années, on applique dans des maisons particulières le gaz au chauffage domestique.

Les résultats obtenus par l'utilisation des gaz perdus des hauts-fourneaux, ont engagé plusieurs inventeurs à s'occuper aussi de cette question comme chauffage appliqué aux usines, et à divers appareils.

On sait qu'il y a une vingtaine d'années que l'on a eu l'idée de brûler ces gaz, en chauffant d'abord des chaudières à vapeur placées près du gueulard; telles furent les applications faites dès 1835 par MM. Thomas et Laurens, puis plus tard par M. Eug. Flachat et par divers autres ingénieurs (Voir le II[e] vol. de ce Recueil).

En 1838, M. Robin, directeur des foyers de Niederbronn, prit un brevet d'invention de 15 ans pour un mode de consumer, dans les appareils chauffés des forges, le gaz retiré non brûlé et non décomposé des gueulards des hauts-fourneaux, après l'avoir transporté à distance jusque dans ces appareils, au moyen de conduits fermés. C'est ainsi que l'on chauffa alors, non-seulement des générateurs, mais encore des fours à puddler et autres. Depuis cette époque, l'idée de transporter les gaz perdus et éteints pour les enflammer avec des courants d'air forcés, dans les foyers mêmes où on veut les utiliser, a pris un très-grand développement, non-seulement en France, mais encore en Allemagne et dans certaines parties de l'Angleterre.

M. D'Andelarre, maître de forges à Treveray, et associé de MM. Thomas et Laurens, après avoir acquis le privilége de M. Robin, se fit breveter pour 15 ans en 1841, non-seulement pour l'application des gaz des hauts-fourneaux et d'autres foyers industriels au traitement métallurgique et toutes usines à feu, mais encore pour la création et l'utilisation des gaz autres que ceux des hauts-fourneaux. Ce brevet, mis à exécution dans un grand nombre d'usines, est aujourd'hui accompagné de 12 à 14 additions successives qui toutes renferment des dispositions particulières, soit pour produire les gaz, soit pour les brûler.

Beaucoup plus récemment, M. Luzarche, maître de forges, a pris deux brevets le même jour et à la même heure (le 29 mai 1852), dont l'un, délivré sous le n° 13,769, a pour titre, « Appareils de chauffage par le gaz », et l'autre, sous le n° 13,770, « Appareils perfectionnés de chauffage applicables aux chaudières des locomotives et de la marine, et modifications

apportées auxdites chaudières afin de les approprier à cette application. »

Ces deux brevets renferment en principe la même idée qui paraît être due à M. Beaufumé. Le premier consiste dans un système propre à réduire le combustible en oxyde de carbone, et à envoyer ce gaz dans un foyer quelconque en le brûlant par un courant d'air forcé, le second comprend de même une disposition de four placé sur un tender, et propre à produire le gaz qui est amené par un conduit spécial au foyer de la locomotive. Les auteurs s'occupent, en ce moment, de faire des applications de leur système, dont ils espèrent obtenir de grands résultats en réalisant, selon leur prévision, une économie considérable de combustible. Nous rendrons compte des essais.

On peut voir, par ce simple aperçu, combien on est réellement occupé en France des recherches relatives au chauffage des foyers industriels ou domestiques. Il est en effet de la plus grande importance, non-seulement pour le présent, mais encore pour l'avenir, d'arriver à utiliser les combustibles autres que la houille et le bois, dont la consommation augmente chaque jour dans des proportions énormes, tandis que la production paraît décroître, au contraire, au moins sur un grand nombre de points.

MACHINE A VAPEUR A TROIS CYLINDRES,

De **M. LEGAVRIAN**, ingénieur-mécanicien à Lille.

Ce nouveau système de machine consiste, comme on sait, dans la disposition de deux grands cylindres successivement alimentés, à chaque coup de piston, par la vapeur sortant d'un troisième plus petit, et dont le piston communique son mouvement à un arbre de couche tournant à une vitesse double de ceux qui sont commandés par les précédents, ce qui permet d'obtenir directement une vitesse de rotation plus grande que dans les machines de Woolf, quoique les grands pistons ne parcourent pas plus de 1 mètre par seconde; cette disposition a l'avantage de simplifier le mécanisme et de rendre la machine plus légère et plus économique.

En attendant la publication de ce système, nous donnons les résultats obtenus par l'auteur sur une première machine de 50 chevaux qui fonctionne depuis un an, jour et nuit, dans une filature de lin et de coton.

Cette machine fait marcher pendant le jour, 1° 3,500 broches à lin, à la vitesse de 3,800 tours par minute, avec les préparations ; 2° 7,000 broches à coton, et leurs préparations; 3° une grande machine à couper le caoutchouc dont la force est estimée à 10 chevaux. La pression de la vapeur dans la chaudière est de 4 1/2 atmosphères. Une portion de la vapeur est aussi employée à chauffer 30 bacs de métiers à lin, et en hiver à chauffer la filature de coton.

Pendant la nuit, elle actionne huit cylindres à caoutchouc qui consomment environ 40 chevaux ; la pression de la vapeur n'est alors que de 2 1/2 atmosphères. On dépense aussi une partie de la vapeur à chauffer les cylindres et les appareils à vulcaniser le caoutchouc.

On marche donc constamment, et depuis un an il n'y a pas eu de chômage.

FILATURE.

MÉTIER MULL-JENNY SELF-ACTING

OU RENVIDEUR MÉCANIQUE,

Breveté en France par **M. WEILD**,

Et en exécution chez **MM. GOUIN** et Cᵒ, à Batignolles.

(PLANCHES 14 ET 15.)



OBSERVATIONS GÉNÉRALES SUR LES MÉTIERS A FILER.

Quoique déjà nous ayons publié, dans ce Recueil, un grand nombre de machines de filature, il nous reste encore, pour avoir présenté à nos lecteurs la série complète des appareils qui ont rapport à cette intéressante industrie, à décrire deux des plus importants d'entre eux, les machines à filer proprement dites.

En effet, les divers appareils dont nous avons jusqu'ici donné la description et les dessins, bancs à broches, bancs à tubes, etc., sont tous des appareils préparatoires, livrant les matières filamenteuses aux *métiers à filer*. C'est de ces dernières machines que nous avons à nous occuper.

On pourrait considérer le filage, dit M. Alcan (1), comme une préparation atteignant les limites extrêmes d'étirage et de torsion auxquelles on peut avantageusement soumettre les matières textiles. En effet, cette dernière transformation consiste également dans la combinaison des mouvements qui doivent opérer l'étirage, la torsion et le renvidage. La mèche à filer, simple ou doublée, est étirée cette fois jusqu'à ce qu'elle atteigne la longueur déterminée qu'elle doit conserver et reçoit une torsion suffisante pour maintenir la forme du fil et lui faire acquérir un maximum de résis-

(1) *Essai sur l'industrie des matières textiles*, page 319.

tance. Le renvidage n'est, comme pour les préparations, qu'une conséquence de l'état dans lequel la matière se présente.

Mais si le filage ne diffère pas des préparations par de nouveaux moyens employés, il en diffère sensiblement par la manière de les appliquer. L'étirage, dans les opérations préparatoires, n'a eu lieu que sur des quantités assez considérables de rubans réunis, et s'est réduit à un allongement absolu assez restreint; et la torsion, qui n'avait pour but que de leur donner une cohésion suffisante pour pouvoir continuer leur travail, a par conséquent été également limitée le plus possible.

Les mèches préparées, qui doivent être filées, présentent une cohésion suffisante pour être amenées, sans difficultés, à tout leur allongement, du coup, par un étirage considérable et une torsion assez grande pour produire un fil rond, solide, et à même de conserver parfaitement sa forme cylindrique.

Quoique les différentes matières textiles, livrées aux métiers à filer par les machines à préparer, se présentent pour ainsi dire sous la même forme, on ne peut cependant pas, dans l'état actuel de l'industrie, effectuer le filage indistinctement de la même manière sur toutes les substances, on est obligé de faire subir quelques modifications, soit aux machines employées, soit aux filaments, afin de les présenter dans l'état le plus convenable. Malgré l'importance de ces modifications, les différents systèmes de métiers à filer en usage peuvent, moyennant quelques changements, être employées au travail d'une matière textile quelconque.

Pour faire comprendre la nécessité de certaines de ces modifications, indiquons de suite le lin, dont la transformation en fil, d'une finesse ordinaire, ne peut avoir lieu qu'en présentant les mèches imprégnées d'eau chaude à l'action des cylindres étireurs, afin de dissoudre la gomme qui se trouve encore interposée entre les filaments de la mèche, et de subdiviser ceux-ci en fibrilles plus petites, plus lisses, et présentant plus de facilité à l'action des machines, telles qu'elles sont généralement usitées.

Tous les métiers à filer employés peuvent être rangés en deux classes principales : les *métiers continus* et les *métiers mull-jennys* ou *renvideurs*.

Le métier continu est le plus ancien et le plus simple dans sa construction. Son invention parait être due à Arkwright, qui donna à ce métier le nom de *throstle* (1). Néanmoins il est actuellement moins employé que le *mull-jenny*. Ce métier continu présente une grande analogie avec le banc à broches, dont nous avons donné une description très-complète dans le volume IV de cet ouvrage. L'étirage y a lieu de la même manière que dans cet appareil, c'est-à-dire au moyen d'un certain nombre de paires de cylindres tournant avec des vitesses de plus en plus accélérées et faisant par conséquent allonger les mèches qu'on fait passer entre eux. La torsion est effectuée par une broche à ailette et le renvidage a lieu autour d'une bo-

(1) *Dict. des Arts et Manufactures.*

bine tournant à une autre vitesse que l'ailette. On voit que les organes de ce métier sont identiquement ceux que présente le banc à broches; leurs fonctions n'en diffèrent qu'en ce que celui-là opère incomparablement plus d'étirage et de torsion que les machines à préparer.

Nous nous proposons de donner prochainement une description détaillée de ce métier continu, en même temps que des perfectionnements qu'y a apportés M. Muller, de Thann, en y appliquant son système de broches à engrenages. Nous aurons aussi à parler du système de renvideur mécanique qui est actuellement en construction dans les ateliers de M. Muller fils. Ce système paraît être beaucoup plus simple que tout ce qui a été fait ou proposé jusqu'alors dans ce genre de métiers.

Dans les métiers *mull-jennys* le travail est alternatif. Le renvidage n'est effectué dans ces métiers que lorsque les cylindres étireurs ont fourni une certaine longueur de mèche, qu'on nomme *aiguillée*, et qu'elle a été tordue pour être transformée en fil. L'étirage et la torsion, qui sont commencés simultanément, ne finissent pas toujours ensemble; assez souvent, surtout lorsqu'il s'agit de produire des fils fins qui nécessitent une grande torsion, le mouvement qui la produit est continué après que celui pour l'allongement a cessé, et le renvidage n'est commencé que lorsque le fil a reçu le nombre de révolutions qu'on doit lui imprimer.

Les métiers *mull-jennys* sont les plus généralement employés; ce sont les machines par excellence pour les produits fins; aussi sont-ils en usage partout pour le coton et les laines, mais on n'a pu encore les appliquer au travail du lin et du chanvre. Les métiers à mouvement continu sont en usage exclusivement pour le filage du lin et du chanvre, et pour certains fils de coton; on ne s'en sert jamais pour la laine.

Quant à la soie, ce que l'on nomme généralement *filage* n'étant qu'un *retordage*, les machines dont nous venons de parler deviennent complétement inutiles.

Le métier *mull-jenny* a été inventé en 1775 par Samuel Crompton, auquel le parlement d'Angleterre accorda une gratification de cent mille francs, en récompense du service que cette belle invention rendait à l'industrie. L'invention du *mull-jenny* remplaçait avantageusement le *spinning-jenny*, ou simplement *jenny*, dont on a fait le nom français de *jeannette*, et dont l'invention est généralement attribuée à Hargreave en 1767, et par quelques personnes à Highs.

Le métier *mull-jenny* a naturellement été perfectionné depuis son invention; néanmoins toutes les recherches auxquelles il a donné lieu jusqu'à présent n'ont amené que des changements dans les détails et dans la manière de faire mouvoir les organes. Ces derniers sont restés constamment ce qu'ils étaient lors de l'invention des premiers métiers. On est parvenu à les utiliser d'une manière plus avantageuse en améliorant leur construction, mais la conception primitive est restée la même. La même observation s'applique aux métiers continus.

On distingue cependant, dans le système *Mull-Jenny*, les *métiers ordinaires* et les métiers *self-acting* (1). C'est un appareil de cette dernière sorte que nous avons représenté dans nos dessins, pl. 14 et 15, et que nous avons à décrire. Mais avant de faire cette description, nous allons essayer de faire comprendre le principe d'action et la disposition d'un métier *mull-jenny* ordinaire.

Cet appareil se compose de deux parties bien distinctes, l'une fixe, l'autre mobile. La partie fixe consiste en un bâti qui porte les bobines sur lesquelles sont enroulés les rubans de matières à filer et les cylindres d'étirage, ces derniers au nombre de trois paires se mouvant à des vitesses différentes, exactement d'après le même principe que dans les métiers continus. Ces cylindres remplacent les pièces de bois appelées *pinces*, qui dans les *jeannettes* opèrent l'étirage.

Les bobines sont en général disposées sur deux ou trois rangs qui s'étendent dans toute la longueur de la machine.

La partie mobile du métier consiste en un chariot de la même longueur que la partie fixe, et s'étendant parallèlement à celle-ci. Ce chariot est mobile sur des rails perpendiculaires à la partie fixe, et en marchant toujours parallèlement à lui-même, à l'aide de cordes attachées à des points fixes et entourant des poulies à gorge montées sur le chariot, il se rapproche et s'éloigne alternativement de l'étirage.

Sur le chariot sont montées des broches parallèles entre elles, qui au lieu d'être verticales, sont dans un plan sensiblement incliné vers la partie fixe du métier. Ces broches sont en acier bien poli, surtout à leur extrémité supérieure, leur extrémité inférieure pivotant dans une crapaudine, porte une noix ou petite poulie à gorge, au moyen de laquelle chacune d'elles reçoit son mouvement de rotation d'un tambour unique autour duquel passent toutes les cordes des broches.

Le fil sortant des cylindres étireurs se renvide sur ces broches qui, par leur rotation, opèrent aussi la torsion. Seulement, comme nous l'avons dit plus haut, ces deux opérations, le tordage et le renvidage, n'ont pas lieu simultanément.

Supposons que le chariot soit tout près de la partie fixe du métier et qu'il commence à opérer sa *sortie*, c'est-à-dire à s'éloigner des étirages un peu plus vite que ceux-ci ne délivrent la mèche. Les filaments qui sortent des étirages sont reliés aux broches qui tout en s'éloignant tournent avec rapidité. Si les broches étaient verticales et plus élevées, les filaments s'enrouleraient autour d'elles, sans éprouver de torsion; mais en raison de ce que ces broches sont, non-seulement plus basses que les étirages, mais en outre inclinées vers eux, le fil continuellement tendu glisse le long de la broche polie vers son extrémité supérieure, par dessus laquelle on le voit échapper à chaque tour de la broche. De la sorte la rotation desdites

(1) *Self-acting*, automatique (littéralement : agissant de lui-même).

broches, au lieu d'enrouler le fil opère sur lui une véritable torsion, jusqu'à ce que le chariot soit arrivé à la fin de sa course et que chaque broche ait transformé en fil une certaine longueur de mèche que l'on nomme *aiguillée*. Alors les étirages s'arrêtent.

Avant que le chariot ne commence sa *rentrée*, c'est-à-dire à marcher vers la partie fixe du métier, il est nécessaire de détourner une certaine longueur de fil qui fait un certain nombre de tours sur la partie polie de la broche, au-dessus de celle que doit occuper le fil renvidé. A cet effet, on fait tourner un instant les broches en sens inverse, puis un guide consistant en un fil de fer ou baguette, qui s'étend dans toute la longueur du chariot, s'abat sur les fils et les maintient, aidé d'une contre-baguette, à la hauteur de la portion des broches sur laquelle ils doivent se renvider. Les broches recommencent alors à tourner dans le même sens que pour la torsion, et le chariot se rapproche du métier fixe. Les fils étant maintenus d'une manière rigide ne peuvent plus s'échapper par dessus l'extrémité des broches, et ils se renvident sur la partie inférieure de ces dernières.

Une fois la rentrée terminée, la baguette qui pressait sur les fils se relève, les étirages recommencent à marcher, et le chariot, s'éloignant de nouveau, étire et tord une nouvelle aiguillée.

Le retour du chariot après sa sortie n'a pas toujours lieu immédiatement, surtout lorsque les fils sont fins et qu'il faut, par suite, leur donner beaucoup de torsion. On arrive à produire cet excédant de torsion, en arrêtant le chariot pendant quelques instants et on continue, dans cette position, à faire tourner les fils tendus à l'extrémité des broches par le mouvement de celles-ci.

Dans les *métiers ordinaires* les plus usités, le mouvement des étireurs, la course du chariot qui étire et le premier mouvement des broches sont imprimés par le moteur, tandis que la torsion supplémentaire, l'abaissement de la baguette et le retour du chariot, qui produit le renvidage, ont lieu à la main.

Les diverses commandes se trouvent sur un bâti spécial situé à l'extrémité du métier, et que, par suite, on appelle *tête de métier*. Ce bâti s'étend perpendiculairement à celui de la partie fixe du métier, parallèlement aux rails sur lesquels marche le chariot. Il porte l'arbre moteur sur lequel se trouvent deux poulies dont l'une est folle, tandis que l'autre, fixe, reçoit son mouvement du moteur. Cet arbre porte, en outre, un volant, et à son extrémité interne, c'est-à-dire celle qui se trouve du côté du chariot et de l'ouvrier, une manivelle.

Lorsque le chariot est arrivé à l'extrémité de sa course de sortie, il cesse d'être mis en mouvement par le moteur. L'ouvrier saisit alors la manivelle qu'il tourne pour finir la torsion; lorsque celle-ci est suffisante, il continue lentement le mouvement, mais en sens inverse, pour dérouler, comme nous l'avons expliqué ci-dessus, une certaine quantité de fil; il abaisse en même temps la baguette sur tous les fils, et il commence à

faire revenir le chariot sur ses rails vers les cylindres; il tourne en même temps la manivelle avec une main, tandis que de l'autre il guide les fils, pour que l'envidage soit aussi serré et aussi uniforme que possible.

Lorsque le chariot est de retour près des cylindres étireurs, il vient butter contre une pièce qui fait embrayer de nouveau les étirages. L'ouvrier fait alors passer la courroie motrice de la poulie folle sur la poulie fixe, et la torsion et l'étirage ont lieu mécaniquement jusqu'à l'extrémité de la course de sortie du chariot où un débrayage général a lieu.

Ainsi, dans les métiers ordinaires, le renvidage se fait à la main. Il n'en est pas de même dans les métiers *self-acting* auxquels on donne aussi le nom de *renvideurs mécaniques*. Dans ces derniers, l'ouvrier n'est plus qu'un surveillant, et tout le travail se fait mécaniquement comme on le verra ci-après.

Quelques filateurs ont imaginé de commander deux métiers à l'aide d'une seule tête de métier, qui se trouve avoir un chariot à droite et à gauche. Elle se trouve alors au milieu du système au lieu d'être à son extrémité. Malgré cela, on lui conserve le nom de tête de métier.

BREVETS RELATIFS AUX MULL-JENNYS.

L'importation des *mull-jennys* en France, comme aussi celle des *jennys* serait due (suivant M. Bélanger, inventeur, qui perfectionna, en 1816, le métier *mull-jenny*) à MM. Douglass et Cockerill, sous le ministère de M. le comte Chaptal.

On trouve, en effet, à la date du 12 octobre 1802, un brevet d'invention de 15 ans, délivré à M. James Douglass (1) pour des machines à ouvrir, nettoyer, carder et filer la laine, à apprêter et brosser les étoffes.

Ce brevet qui, comme l'indique son titre, comprend toute une série de machines, décrit en particulier une machine à filer en gros et une autre à filer en fin. La première de ces machines a, dit l'inventeur, la forme d'un *mull-jenny*; mais la filature s'y opère comme dans les petites mécaniques connues sous le nom de *jeannettes*. On y trouve en effet la *pince* (*rising-flide*) de la *jeannette*, qui se compose de deux pièces de bois cannelées s'approchant ou s'éloignant l'une de l'autre, entre lesquelles passent les mèches de matières filamenteuses. Cette pince se ferme entièrement pour arrêter l'étirage pendant le renvidage.

La machine à filer en fin diffère peu de cette dernière.

Le gouvernement fit en 1807 l'acquisition du brevet de M. Douglass, afin d'en faire jouir aussitôt le public. A cet effet, un assortiment complet fut déposé au Conservatoire des arts et métiers pour servir de modèle aux constructeurs.

Cependant, malgré cette assertion et ce document, nous trouvons un

(1) *Brevets expirés*, vol. III, page 1.

brevet de 15 ans, du 3 juillet 1792, délivré à MM. John Browne, Pickfort et C°, pour la construction de machines à filer le coton. Ce brevet, accompagné de dessins assez mauvais, décrit néanmoins un métier *mull-jenny* d'une manière assez peu complète pour laisser penser que déjà alors ce genre de machines était bien connu.

Nous allons essayer d'exposer par ordre de dates les principaux brevets relatifs aux *mull-jennys*, en indiquant sommairement les perfectionnements qui font la base de chaque privilége.

Le premier brevet qui succéda à celui de M. Douglass fut délivré pour 5 ans, à M. Derodé-Biémont, pour une machine à filer la laine. Cet appareil n'est qu'un *mull-jenny* ordinaire et très-simple, avec cette particularité que les broches y sont commandées par des pignons dentés, et qu'en outre un double segment de roue dentée est destiné à fournir, par le moyen de l'étirage, la quantité de laine qui doit être transformée en fil à chaque course du chariot. Chaque fois que le secteur présente sa partie non dentée au pignon de l'étirage, celui-ci s'arrête. En changeant ses engrenages, l'auteur file des espèces de laines plus ou moins fines. Une toile sans fin amène les rubans de laine à l'unique paire de cylindres étireurs.

M. Rawle prit le 1er septembre 1809, un brevet de 15 ans pour des machines perfectionnées propres à filer et à carder le coton. Cet inventeur perfectionne seulement l'étirage qu'il compose de quatre paires de cylindres mobiles, indépendants les uns des autres et qu'on peut écarter à volonté.

M. Guéroult obtint, le 27 octobre 1809, un brevet d'invention de 5 ans, pour un mécanisme propre à faire mouvoir le chariot des machines à filer la laine cardée, comme dans le *mull-jenny*, mais avec cette différence que le chariot recule avec un mouvement uniformément retardé.

Ce perfectionnement consiste simplement dans une transmission de mouvement par une corde marchant sur une fusée conique ou poulie à gorge en spirale. La corde s'envidant du plus gros bout au plus petit, attire le chariot d'une manière uniformément retardée.

Le 18 juin 1810, M. Weber obtint un brevet d'invention de 5 ans, pour une machine à filer la laine en gros et en fin.

Les points principaux de ce brevet sont : que l'auteur n'emploie qu'une paire de cylindres cannelés au lieu de trois, et qu'il rend le mouvement rétrograde du chariot variable, par le moyen d'une vis en forme de fusée servant à l'envidage de la corde et présentant une grande analogie de principe avec celle du brevet de M. Guéroult.

M. Mayssemer, dans un brevet de 10 ans, du 26 juin 1810, qui comprend toute une série de machines de filature, décrit deux *mull-jennys* munis encore de l'ancienne *pince* au lieu des cylindres d'étirage. L'inventeur s'attache à adoucir l'action de cette pince.

M. Chatel, qui prit un brevet le 5 juillet 1816, propose d'appliquer aux métiers *mull-jennys* un étirage chauffé à la vapeur.

M. Bélanger, dont nous avons parlé déjà plus haut, obtint le 7 décembre

1816 un brevet d'invention de 5 ans pour une machine à filer en fin la laine cardée.

Ce brevet décrit dans le vol. v[e] des *Brevets expirés*, et qui contient plusieurs documents intéressants au point de vue historique, porte plutôt sur les *jeannettes*, qu'il perfectionne en rapprochant leur construction de celle des *mull-jennys*.

M. Paillette, manufacturier à Saint-Quentin, obtint le 27 avril 1819, un brevet d'importation de 5 ans pour un *mull-jenny* faisant des aiguillées de toute longueur, renvidant sans manivelle et à tous les points de la baguette.

Cet appareil paraît être le premier *mull-jenny self-acting* qui ait été breveté en France.

Un an après, MM. Lefebvre et Portrait, aussi à Saint-Quentin, obtinrent, le 5 avril 1820, un brevet d'invention de 5 ans, pour un moyen d'envider le fil sur les broches des *mull-jennys*, par le moteur même qui imprime le mouvement à la machine et sans manivelle.

Ce ne fut cependant que l'année suivante, le 23 juillet 1821, que M. William Eaton, de Manchester, dans un brevet d'importation de 15 ans, pour des perfectionnements aux métiers de filature, applicables à celle du coton, de la laine et de la soie, décrivit des *mull-jennys self-acting* d'une disposition bien étudiée et vraiment avantageuse.

Aussi, malgré les deux brevets que nous avons mentionnés en dernier lieu, peut-on dire que c'est à M. Eaton qu'est due l'importation en France du métier renvideur mécanique, tel qu'on l'emploie actuellement dans l'industrie, sauf les modifications souvent peu importantes qu'un grand nombre de mécaniciens et de filateurs ont apportées au mécanisme.

Le même M. Eaton qui jouit, à juste titre, d'un renom dans la filature en général, prit un nouveau brevet d'invention et de perfectionnement de 15 ans, le 22 avril 1824, pour des machines dites *mull-jennys*, propres à filer le coton, le lin, la laine, ou toute autre substance filamenteuse.

Comme il est facile de le comprendre, la description de ces appareils devient trop longue et trop compliquée pour qu'il soit possible d'en donner une idée claire sans dessins. D'ailleurs, en cherchant à les décrire, nous nous exposerions, pour beaucoup de détails, à nous répéter dans la description de l'appareil représenté dans nos planches. Nous nous bornerons donc à énumérer, sans commentaires, les divers brevets pris pour des *mull-jennys*, depuis ceux de M. Eaton jusqu'à celui de M. Weild, qui doit nous occuper spécialement.

LISTE DES BREVETS DÉLIVRÉS EN FRANCE DEPUIS 1825 JUSQU'AU COMMENCEMENT DE 1849 POUR DES MÉTIERS MULL-JENNYS.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Collier.	Mécanisme destiné à conduire les chariots des métiers à filer pendant l'étirage des aiguillées.	19 mai 1825.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Sharp.	*Mull-jenny* perfectionné.	26 janvier 1826.
Jongh.	Machine propre à filer la laine et autres matières filamenteuses.	7 avril 1826.
Jongh.	Perfectionnements dans la filature du coton.	7 septembre 1830.
De Bouteville.	Mécanisme aidant le renvidage sur les *mull-jennys*.	15 mai 1833.
Houldsworth.	Perfectionnements dans les machines à filer le coton.	10 juillet 1834.
Houldsworth.	Machines à filer le coton.	20 décembre 1834.
Spear.	Perfectionnements dans les machines à filer le coton.	31 mars 1836.
Ashworth.	Perfectionnements aux machines à filer le coton.	2 février 1837.
Parpaite aîné.	Métier renvideur à chasse.	21 janvier 1840.
Grün.	Machine à filer perfectionnée.	19 juillet 1841.
Schlumberger.	Métier dit *mull-jenny*, propre à filer le coton, la laine, etc.	7 février 1842.
Ricard.	*Mull-jenny* propre à filer le coton et la laine.	12 avril 1842.
Cadet.	*Mull-jenny* renvideur.	4 juin 1842.
Jongh.	Améliorations apportées à la machine à filer dite *mull-jenny*, etc.	30 septembre 1842.
Masson.	Perfectionnements aux métiers *mull-jennys*.	2 décembre 1842.
Masson.	Système propre à régulariser et à alléger la marche du chariot dans les grands métiers *mull-jennys* commandés à la vielle.	19 janvier 1843.
Grün.	Divers perfectionnements apportés au métier à filer dit *mull-jenny*.	31 octobre 1843.
Neveu.	Mécanisme propre à conduire les chariots de *mull-jennys*.	31 octobre 1843.
Filleul.	Mécanisme propre à conduire, sans la surveillance et la main de l'ouvrier, l'envoudoir qui fait la bobine sur les métiers *mull-jennys*.	10 octobre 1844.
Beulque.	*Guide-baguette* avec rentreur, applicable aux *mull-jennys*.	29 juillet 1845.
Quemin.	Renvideur pantographique ou fileur semi-automate pour *mull-jennys*.	1 août 1845.
Esbran de Bouteville.	Métier renvideur simple.	7 février 1846.
Filleul.	Renvideur mécanique.	27 février 1846.
Lecat.	Machine à renvider perfectionnée.	28 février 1846.
Eccles et Brierly.	Perfectionnements dans les machines à filer.	21 mars 1846.
Armengaud aîné, pour MM. Steinberg et Scribe.	Perfectionnements dans les métiers *mull-jennys* marchant seuls, dits métiers *self-acting*.	29 août 1846.
Chauvière.	Mécanisme destiné à s'appliquer à tous les métiers à filer, afin de remplacer l'action de l'ouvrier fileur.	8 octobre 1846.
Filleul.	Conducteur mécanique de l'envoudoir du métier *mull-jenny*.	14 décembre 1846.
Leyherr.	Communication de mouvement aux tambours des métiers à filer.	13 mars 1847.
Simonin.	Guide-renvidoir de *mull-jenny* perfectionné.	15 juin 1847.
Hauville.	Doublage de *mull-jennys*.	24 août 1847.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Roberts.	Perfectionnements dans les machines propres à préparer et filer le coton et autres matières filamenteuses.	30 décembre 1847.
Weild.	Perfectionnements dans les machines et métiers à filer le coton et autres matières fibreuses.	21 juin 1848.

DESCRIPTION DU MÉTIER MULL-JENNY REPRÉSENTÉ PL. 14 ET 15.

Cet appareil, qui a fait l'objet du brevet de M. Weild que nous venons de citer en dernier lieu, est entièrement *self-acting*, et nous allons essayer d'en faire comprendre les divers agencements à l'aide des figures des planches 14 et 15.

La fig. 1re, planche 14, est une élévation vue de côté de la tête du métier, c'est-à-dire de sa commande générale, qui se trouve représentée en vue extérieure, tandis que le chariot (qui s'étend à droite et à gauche de la tête du métier) est coupé transversalement de même que son tambour.

La fig. 2 est une coupe transversale de la tête du métier, faite suivant la ligne 1-2 de la fig. 1, et montrant de face la commande du métier et une partie des étirages.

La fig. 3 est une vue de face de la tête du métier, sans la commande principale, et d'une portion du double chariot.

La fig. 4 représente une coupe verticale de la commande du métier *mull-jenny*, faite par le milieu de la tête, suivant l'arbre moteur.

La fig. 5 est une coupe transversale faite suivant la ligne 3-4 de la fig. 4 et vue de derrière le métier.

La fig. 6, pl. 15, est une vue extérieure, de côté, de la partie inférieure de la tête du métier, faisant comprendre certains détails qui sont masqués dans la fig. 1, et montrant en outre la disposition des rails sur lesquels marche le chariot.

La fig. 7 est un plan général de la machine vue par-dessus.

Enfin les fig. 8 et 9 font voir en coupe verticale et en plan, une modification du système de commande du chariot, représenté dans les figures précédentes.

Quant aux figures de détails des deux planches, nous les décrirons au fur et à mesure que nous en aurons besoin.

ORGANES ESSENTIELS DU MÉTIER. — La partie fixe du métier étant exactement pareille à celle de tous les métiers ordinaires, nous l'avons supprimée entièrement dans nos figures, ne faisant voir qu'une traverse K et la rangée des rouleaux d'étirage *a*, qui reçoivent leur mouvement directement de la commande du métier et le transmettent aux autres à la façon ordinaire.

Ces cylindres appartiennent à la dernière paire, celle qui marche à la

plus grande vitesse et qui délivre les filaments aux broches *b* du chariot.

Le chariot ou plutôt les deux chariots, solidaires l'un de l'autre, sont formés de deux pièces de bois longitudinales A, B, s'étendant dans toute la longueur de chaque moitié du métier, et qui sont reliées, de distance en distance, par des traverses C.

Sur le bord supérieur taillé en biseau de la pièce A en est fixée une autre *c* inclinée suivant le degré d'inclinaison que l'on veut donner aux broches *b*, dont elle porte les crapaudines *d*, et de plus des colonnes *e*, placées à intervalles et qui portent la pièce supérieure *f* servant de support aux broches.

Ces dernières, munies de noix *i*, au moyen desquelles elles reçoivent leur mouvement de rotation du tambour incliné D par-dessus lequel passent toutes les cordes des broches, ont leur partie inférieure recouverte par des plaques de tôle *g*, *h*, dont la supérieure *h*, recourbée à angle droit, est traversée par les broches *b*, et porte des collets *e* qui, embrassant chaque broche au dessus d'un petit épaulement dont elle est munie, la maintiennent dans le sens de sa longueur et l'empêchent de sortir de sa crapaudine.

Le reste de la caisse du chariot est formé de planches F, et une plaque de tôle G fermant l'ouverture qui subsiste à la partie supérieure de la caisse empêche la poussière et les corps étrangers d'y pénétrer.

Des rails H sont disposés de distance en distance sur le sol, et le chariot est muni, à sa partie inférieure, de traverses en fer I se terminant par deux fourchettes, dont les bras sont munis de coussinets *j* qui viennent reposer sur les tourillons des axes *k* de roues à gorge J qui marchent sur les rails. Ceux-ci sont fixés par de doubles équerres *l*.

La tête du métier est formée de deux montants en fonte L, plus élevés du côté de la partie fixe du métier, où se trouve la commande principale. Ces montants sont reliés entre eux, soit par une croix en fonte M (fig. 2), et par la traverse N, soit par les supports des diverses pièces de l'appareil, qui jouent le rôle d'entretoises.

La partie la plus élevée des montants L, se trouve réunie par deux supports transversaux O, servant de paliers aux arbres P et Q, dont le premier porte la commande principale du métier, l'autre des cames dont nous expliquerons plus loin la fonction.

Commande principale. — L'arbre moteur P porte une poulie fixe R, qui, par le moyen d'une courroie *m*, reçoit le mouvement d'un moteur quelconque. A côté de cette poulie, s'en trouve une autre folle S beaucoup plus large, et disposée de telle sorte que la courroie *m*, qui est presque aussi large qu'elle, ne l'abandonne jamais entièrement, lors même qu'elle fait marcher celle R.

Le moyeu de la poulie folle S porte deux pignons dentés *n*, *o*, de diamètres différents, dont le premier, *n*, engrène avec une roue *p* montée sur un petit arbre intermédiaire *q*, soutenu par deux supports *r*. Cet

arbre q porte une roue ou poulie de friction s, recouverte de cuir, et qui commande par frottement l'arbre des cames Q, à l'aide d'un disque correspondant t. Cet arbre est retenu par un disque U′ sur lequel agit un levier d'échappement T′; mais chaque fois qu'un mouvement de ce levier vient à libérer le disque U′, l'arbre, n'étant plus retenu, cède à l'impulsion que lui communique la poulie de friction s.

Le pignon o engrène avec une roue u calée sur l'arbre T, servant seulement à opérer la rentrée, et que par cette raison on nomme *arbre de rentrée*. Cet arbre porte une roue folle v qui fait corps avec l'une des griffes d'un manchon w et qui ne participe au mouvement de l'arbre que lorsque ce manchon est embrayé.

L'extrémité de l'arbre moteur P porte un pignon x qui, par le moyen de deux roues intermédiaires x^2, que l'on peut changer à volonté, commande d'abord l'arbre d'étirage A^2, à l'aide d'une roue y^2 calée sur lui. Cet arbre porte une autre roue z^2 qui engrène avec une grande roue B^2 sur l'arbre de sortie U.

Sur cet arbre sont montées deux roues y et a', qui font corps ensemble et avec l'une des griffes du manchon d'embrayage z, mais qui sont folles sur l'arbre; et celui-ci ne leur communique son mouvement de rotation qu'au moyen du manchon d'embrayage z.

La roue d'angle a' engrène avec une roue de même forme b' calée à l'extrémité supérieure d'un arbre vertical V et qui reçoit le mouvement de l'arbre de sortie U, tant que le manchon z reste embrayé.

Si le manchon z est débrayé et qu'au contraire celui w soit embrayé, la roue folle v participant au mouvement de l'arbre de rentrée T, commandera celles y et a', et ce sera l'arbre T qui communiquera son mouvement à l'arbre vertical V.

On peut voir, par la disposition des engrenages, que l'arbre U et l'arbre T feront, tous deux, tourner celui V dans le même sens. Seulement, le mouvement sera beaucoup plus rapide pour la rentrée que pour la sortie, comme cela doit en effet avoir lieu.

L'extrémité antérieure de l'arbre moteur porte une vis sans fin, destinée à faire mouvoir un compteur que nous n'avons pas représenté dans nos figures, cet appareil ne présentant aucune disposition particulière et nouvelle.

Sortie du chariot. — Les figures de nos dessins représentent toutes l'appareil pendant la sortie du chariot.

Le manchon w est débrayé; celui z est embrayé, et l'arbre V qui pivote sur une crapaudine W reçoit son mouvement de rotation des engrenages situés derrière la tête du métier. Cet arbre vertical porte à son extrémité inférieure une roue à chaîne X.

Au milieu de la tête du métier se trouve une autre roue à chaîne Z recevant le mouvement de la roue X par la chaîne Y. La roue Z tourne sur un pivot vertical c' fixé à un patin ou plaque de fondation d' assurée au sol, et

à laquelle vient se boulonner en outre une couronne e' dont nous expliquerons le but tout à l'heure.

Sur la roue Z est fixée une pièce A', à coulisse en forme de queue d'hironde, dans laquelle glisse librement un long bras horizontal B' qui se meut circulairement avec la roue. Ce bras opère la sortie du chariot à l'aide d'un mécanisme fort ingénieux qui a pour effet de transformer en un mouvement parfaitement égal, le mouvement à vitesse variable transmis par une manivelle dont on veut changer le mouvement circulaire en un mouvement rectiligne alternatif.

Les chariots de droite et de gauche font corps l'un avec l'autre, reliés qu'ils sont par un fort châssis en fonte C' (fig. 3) auquel viennent s'attacher les divers organes par l'intermédiaire desquels le chariot reçoit son mouvement.

C'est ainsi qu'y est fixé par un pivot f', représenté en détail dans la fig. 10, pl. 14, un secteur denté D' dont le bras ou rayon forme par dessous une rainure ou coulisse dans laquelle pénètre un galet g' fixé sur un pivot à l'extrémité du bras B'.

Le chariot porte deux douilles h' que traversent verticalement des axes portant chacun, à leur extrémité supérieure, un pignon i' engrenant avec le secteur denté D', et à leur extrémité inférieure une petite roue dentée j' plus grande que le pignon i' et engrenant avec une crémaillère fixe E' qui fait corps avec l'un des rails H.

La rotation du bras B' et, par suite de son galet g' dans la rainure du secteur, agit d'une manière particulière sur ce dernier, en lui faisant faire un mouvement combiné duquel résulte la progression du chariot. Cette rotation tend à faire décrire au secteur un mouvement circulaire autour de son pivot f', mais celui-ci, mobile avec le chariot, se déplace continuellement.

Pour mieux faire comprendre ceci, supposons le chariot tout à fait rapproché des étirages a, de telle sorte que le bras B', au lieu d'occuper la position représentée fig. 7, soit dirigé vers les étirages, perpendiculairement à ceux-ci, dans l'axe de la tête du métier. Le galet g' occupera dans la rainure du secteur D' une place voisine du pivot f'.

Supposons ensuite que la roue Z et par suite le bras B' se mette à tourner dans la direction indiquée par une flèche dans la fig. 7, le galet g' marchera naturellement dans la rainure du secteur qui se mettra à tourner autour de son pivot; mais, dans ce mouvement, le secteur fera tourner le premier des pignons i' avec lequel il engrène, et par suite le pignon j' solidaire avec celui i' et qui, engrenant avec la crémaillère fixe E' avancera le long de cette crémaillère et fera marcher sur les rails le chariot qui le porte.

Lorsque le galet g' est arrivé à l'extrémité du secteur, dans la partie de la rainure la plus rapprochée de la denture, le chariot est arrivé au milieu de sa course et le bras du secteur de même que celui B' sont dans un même

plan, parallèle à la longueur du chariot et passant par le milieu de ce dernier.

Le bras B′ continuant à tourner, le secteur D′ engrène avec le second pignon i′ et quitte le premier, mais ce changement n'a aucun effet contraire à la marche du chariot qui continue, étant produite par le deuxième pignon j′ au lieu de l'être par le premier. C'est ainsi que le tout arrive à la position représentée fig. 7 et enfin à l'extrémité de la course du chariot, point auquel le bras B′ est de nouveau dans l'axe de la tête du métier; seulement sa position est diamétralement opposée à celle qu'il occupait à son point de départ. Le galet g′ est de nouveau près du pivot f′.

Ainsi le bras B′ a décrit une demi-révolution, et le chariot a opéré toute sa sortie; mais, malgré cela, le secteur D′, en raison du déplacement de son pivot, n'a décrit qu'un petit arc de cercle qui n'est pas suffisant pour lui faire abandonner complétement le dernier pignon i′.

Par suite de ce que le galet g′, lorsqu'il est près des points morts de sa révolution, agit très-près du pivot f′ du secteur, tandis qu'il agit près de la circonférence de ce dernier lorsqu'il est à son point le plus puissant, le secteur décrit son arc de cercle et fait tourner les pignons i′ et j′ avec une vitesse sensiblement égale, et, comme nous l'avons dit plus haut, le chariot a accompli toute sa sortie avec une vitesse constante. Le rapport des rayons i′ et j′ est calculé de telle sorte que ces pignons communiquent au chariot un mouvement correspondant à la vitesse des derniers rouleaux étireurs.

Nous avons dit que le bras B′ est monté à coulisse sur la roue Z. Voici quel est le but de cette disposition : le bras B′ est muni, à sa face inférieure, de deux boulons portant des galets k′ (fig. 11, pl. 14) qui embrassent intérieurement et extérieurement la couronne e′. Celle-ci sert de guide à ces galets; au lieu de former un cercle exact, elle n'a un rayon constant que pour la moitié environ de sa circonférence, puis elle forme une courbe rentrante au point e^2 (fig. 7 et 9), et à partir de là sa forme devient excentrique jusqu'au point diamétralement opposé, où elle se raccorde avec la première partie.

Les galets k′ suivent invariablement la courbure de la couronne, et comme ils sont solidaires du bras B′, lorsqu'ils arrivent au point e^2, ils font rentrer ce bras dans sa coulisse A′, de telle sorte qu'il se trouve raccourci d'environ 25 millimètres lorsque le chariot est encore à 5 centimètres de l'extrémité de sa course, et le galet g′, au lieu de décrire un cercle parfait décrit la courbe l′ (fig. 9). Cette disposition a pour but de ralentir la marche du chariot à l'extrémité de sa course, et de diminuer le choc au moment où il s'arrête.

En réglant convenablement la longueur et la forme de la courbe, la vitesse du chariot près de la fin de sa sortie peut varier de manière à produire l'étirage voulu. Il va sans dire que le dernier cylindre doit être arrêté avant le commencement de l'étirage produit par le chariot.

MOUVEMENT DE TORSION. — Nous avons dit que c'est pendant la sortie du chariot que se produit sur les filaments la torsion qui les transforme en fil.

Voici comment cet effet se produit : la poulie fixe R porte sur son moyeu une roue d'angle *m'* engrenant avec une autre roue *n'* calée à l'extrémité supérieure d'un arbre vertical F' (fig. 4), qui porte également à son extrémité inférieure une autre roue d'angle G'. Celle-ci en commande une quatrième H', fixée sur un arbre horizontal I', à l'extrémité duquel se trouve une roue droite J', en dehors du bâti L.

La roue J' engrène avec celle K' sur un arbre L' qui porte une poulie à gorge M', laquelle reçoit de la sorte un mouvement de rotation.

Une corde sans fin N' passe par dessus cette poulie M', se rend, de là, à l'extrémité opposée de la tête du métier, sur une autre poulie P', fixée sur un arbre *p'*, puis revient par dessous cette dernière entourer une troisième poulie O' sur un arbre Q' qui s'étend longitudinalement à l'intérieur du chariot. De là, la corde N' revient passer sur une petite poulie de tension *q'* située aussi dans le chariot, mais qui est légèrement oblique, afin de faire dévier la corde qui, passant à côté de la poulie O', vient rejoindre la première M'.

L'arbre Q', qui se prolonge également dans l'une et l'autre moitié du chariot, et qui est soutenu par des paliers *r'*, porte deux roues d'angle *s'* qui en commandent d'autres *t'* à l'extrémité inférieure de l'axe oblique de chacun des tambours D. De ceux-ci partent les nombreuses cordes qui, passant sur les noix *i* des broches, font tourner celles-ci rapidement.

ARRÊT DU CHARIOT ET DE L'ÉTIRAGE. — Lorsque le chariot est arrivé à la fin de sa course, un galet *u'* dont il est muni vient rencontrer le plan incliné d'un levier coudé *v'* oscillant en *w'* et dont l'extrémité inférieure du bras vertical forme un crochet *y'* qui soutient par un goujon *x'* un levier *z'*. L'axe a^2 du levier *z'* porte un autre bras de levier b^2 auquel s'attache une longue tringle c^2 qui s'étend dans toute la longueur de la tête du métier.

Lors de la rencontre du galet *u'* avec le levier *v'*, le levier *z'* prend une position horizontale, et celui b^2 attire la tringle c^2. Celle-ci agit sur un levier coudé R' auquel s'attache une tringle verticale S' en communication avec l'extrémité d'un levier d'échappement T'. L'action de ces diverses pièces sur le levier T' a pour effet de laisser échapper le disque U' calé sur l'arbre à cames Q qui, libéré de la sorte, fait d'abord un quart de tour qui fait agir une came V' sur le galet d^2 dont est munie l'extrémité d'un levier (voy. fig. 5 et 7) qui, mettant en mouvement un double levier j^2, débraye le manchon de sortie sans encore faire embrayer le manchon *w*, et le chariot s'arrête instantanément.

L'arbre à cames continuant son mouvement, agit à l'aide de la came W' sur le galet d'un levier X' dont l'extrémité supérieure embrasse la courroie motrice *m*, que ce mouvement fait passer tout à fait sur la poulie folle S.

Le disque *t*, sur l'arbre des cames, est muni à sa face postérieure d'une rainure excentrique dans laquelle pénètre continuellement le galet f^2 d'un levier Y'. L'axe g^1 de ce levier en porte, à son autre extrémité, un second Z' muni d'un galet h^2 qui pénètre dans la gorge d'un manchon d'embrayage C^2 sur l'arbre des cylindres étireurs *a*.

Le mouvement que vient de faire l'arbre des cames Q a agi de telle sorte sur le système de leviers Y' Z', que ceux-ci ont fait débrayer le manchon C^2, rendant ainsi folle une roue d'angle i^2 sur l'arbre *a*; et, comme c'est par cette roue que l'arbre de commande A^2 de l'étirage met en mouvement les cylindres, ceux-ci s'arrêtent immédiatement.

Détournage du fil sur la partie nue des broches. — Pendant que les effets que nous venons de décrire se sont produits, une autre came D^2, à l'extrémité de l'arbre Q, et qui se compose de deux moitiés maintenues très-rapprochées par l'effort continuel d'un ressort en spirale k^2, agit sur le galet d'un levier E^2 tournant sur un pivot vertical l^2, et qui forme une fourche embrassant la gorge pratiquée dans le moyeu d'un cône de friction F^2 glissant longitudinalement sur l'arbre de commande P muni, à cet endroit, d'une clavette qui empêche le cône F^2 de tourner librement sur lui.

Le mouvement que vient de faire le levier E^2 a fait embrayer le cône F^2 avec un cône correspondant G^2, fou sur l'arbre P, mais muni intérieurement d'une denture avec laquelle engrène constamment le pignon m^2 calé à l'extrémité de l'arbre de rentrée T. Ce pignon, qui tourne continuellement, entraîne les deux cônes en contact, et celui F^2 communique à l'arbre P un mouvement de rotation inverse de celui qu'il avait lorsque la courroie *m* était sur la poulie fixe R.

Aussitôt, toute la commande de la corde N', qui met en mouvement les broches, marche en sens inverse, de même que ces dernières, et la quantité de fil enroulée, par la torsion, sur la partie supérieure et nue des broches, se déroule.

Abaissement de la baguette et de la contre-baguette. — Le chariot est muni de supports n^2 soutenant deux axes longitudinaux $o^2 p^2$ dont le premier porte les bras q^2, l'extrémité desquels est traversée par la baguette r^2. La contre-baguette s^2 est de même portée par des bras t^2, fixés sur l'axe p^2 et recourbés pour pouvoir s'abaisser par dessus l'axe o^2.

L'arbre o^2 porte un petit levier v^2 auquel s'attache une corde w^2 qui, passant autour d'une poulie de renvoi a^3 vient se relier à un système de barillet à rochet b^3 adapté à l'arbre de couche Q' dans le chariot. Ce système n'agit pas, tant que cet arbre tourne dans le sens voulu pour produire la torsion ou le renvidage, mais lorsque l'arbre tourne en sens inverse, pendant un court moment, pour détourner la portion de fil enroulée sur la broche nue, ce rochet agit, et en attirant la corde w^2 fait décrire une portion de révolution à l'arbre o^2. Celui-ci porte un pignon denté c^3 engrenant avec un secteur d^3 monté sur un axe g^3 denté sur une partie de sa circonférence. Le pignon fait tourner ce secteur jusqu'à ce qu'un arrêt e^3

tombe dans l'encoche f^3 du secteur et empêche la baguette r^3 de revenir en arrière. L'arrêt e^3 est un goujon, fixé à l'extrémité d'un équerre e^4 qui oscille librement sur un centre f^4, à l'extrémité d'un levier g^4 fou sur l'arbre du secteur d^3. Ce secteur devient solidaire des mouvements du levier g^4, aussitôt que l'arrêt e^3 est tombé, et comme l'extrémité du levier g^4 porte un goujon qui marche dans un guide (*copping-rail*) S^2 s'étendant dans toute la longueur de la machine, et d'une forme telle qu'il force le levier g^4 à s'élever ou à s'abaisser, il en résulte que le secteur obéissant à ces impulsions fera baisser ou élever la baguette afin de distribuer le fil sur la longueur de la bobine et de donner à cette dernière la forme voulue. Et à cet effet, le chariot est muni d'un taquet T^2 qui agit, à chaque fin de sortie, sur un rochet h^4 situé à l'extrémité de la tête du métier, et qui commande une roue à rochet U^2 montée à l'extrémité d'une vis V^2. Celle-ci se mouvant, à chaque aiguillée, d'une très-petite quantité, déplace d'autant le guide (*copping-rail*) selon que l'exige la forme des bobines qui se chargent.

RENTRÉE DU CHARIOT. — L'arrêt e^3 fait corps avec une équerre ou une bride h^3 sur laquelle le levier i^3, représenté en pointillé dans la fig. 1re, et ayant son axe en j^3, est monté, dans la sortie du chariot, par suite de la courbure de son extrémité qui se relève en formant un plan incliné.

Le levier i^3 fait corps avec un autre plus court k^3, à l'extrémité duquel s'attache une tringle l^3, reliée par son extrémité inférieure à un levier coudé et à crochet v^4 (fig. 15), analogue à celui v' y' précédemment décrit, et situé derrière lui dans la fig. 1re.

Le nouveau crochet est venu s'engager sous un goujon o' du levier z' le soutenant dans une position horizontale; mais lorsque l'arrêt e^3 est tombé dans l'encoche f^3, la pièce h^3 s'abaissant avec lui laisse retomber les leviers i^3 et k^3, ce qui a pour effet de dégager le goujon o', et de laisser échapper le levier z'. Aussitôt un ressort à boudin m^3, qui tend continuellement à rappeler la tringle S' de bas en haut, et par suite à amener le levier R' à la position représentée en pointillé, dans la fig. 1re, repousse la tringle c^2 et le levier b^2 et fait abaisser le levier z',

Ce mouvement laisse encore une fois échapper le disque U, et l'arbre à cames fait une portion de révolution, dans laquelle la came D^2 fait débrayer les cônes de friction F^2 G^2, ce qui arrête l'arbre moteur P, et en même temps la came V' fait embrayer le manchon de rentrée *w*, sur l'arbre T.

Aussitôt la communication de mouvement s'établit entre la poulie S, les roues *o*, *u*, *v*, *y*, *a'* et l'arbre vertical V qui, recommençant à tourner, fait achever la révolution de la grande roue à chaîne Z et du bras à coulisse B'.

Le galet g', que porte ce bras, quitte la rainure du secteur D', pour entrer dans celle d'une pièce fixe H^2 située sous le chariot, et tout en marchant dans cette pièce, il ramène le chariot à son point de départ.

Les pignons i' et j' en marchant le long de la crémaillère E′ ramènent le secteur D′ à sa première position.

Un galet n^3 dont est muni le chariot vient butter contre le plan incliné du levier R′ qui, de la position qu'il occupait, est ramené à celle représentée en lignes pleines dans la fig. 1re. Le crochet y', à l'autre extrémité de l'appareil, s'engage de lui-même sous le goujon x' (et à cet effet, il est muni d'un prolongement x^4 faisant contre-poids), et tout le système est retenu dans cette position, jusqu'à ce que le chariot ait opéré une nouvelle sortie.

Ce mouvement a laissé échapper un instant l'arbre à cames qui fait de nouveau embrayer le manchon de sortie z et débrayer celui de rentrée w, et qui ramène la courroie sur la poulie fixe R, sans que, comme nous l'avons dit plus haut, elle quitte entièrement la circonférence de la poulie folle, afin de commander l'arbre des cames, lorsque c'est nécessaire.

Enfin, la pièce h^3 a rencontré un taquet fixe à plan incliné o^3 qui l'a soulevée et a dégagé l'arrêt e^3 de l'encoche du secteur d^3. Aussitôt les axes p^2 et o^2 étant libérés sont rappelés à leur position primitive et relèvent la baguette et la contre-baguette.

Le manchon C², sur l'arbre des cylindres, vient aussi d'être embrayé, et tout l'appareil est prêt à opérer une nouvelle sortie.

Renvidage. — C'est, comme nous l'avons dit plus haut, pendant la rentrée du chariot que se produit le renvidage. Voici quelle est la disposition à l'aide de laquelle cet effet se produit, dans la machine qui nous occupe :

Un bras I² fait corps avec le secteur D′ (fig. 3 et 7), et oscille comme lui autour du pivot f' (fig. 10). Ce bras I² porte dans toute sa longueur une vis p^3 sur laquelle se trouve un écrou q^3 qui peut se mouvoir dans toute la longueur de la vis. Nous verrons ci-après quel est le but de ce déplacement.

A un bouton dont est muni cet écrou q^3, s'attache une corde J² qui, après avoir passé autour d'une poulie de renvoi horizontale K², montée sur un support ajustable L², vient s'enrouler sur un tambour M², fixé sur un arbre N² à l'extrémité de la tête du métier, et que nous avons représenté en détail dans la fig. 15 (pl. 15). Cet arbre porte en outre une roue fixe O², et une poulie folle r^3, qui porte un goujon s^3, lequel vient rencontrer la saillie d'un disque fixe t^3 (fig. 13 et 14, pl. 14).

L'arbre N² se trouve directement au-dessous de celui p' qui porte la poulie P′. Ce dernier arbre porte une roue folle u^3, avec manchon d'embrayage double v^3 embrayant tantôt avec la roue u^3, tantôt avec une poulie folle à gorge u^2. Celle-ci commande par une corde la poulie r^3 sur l'arbre inférieur.

Tant que le chariot sort, la corde N′ commande la poulie P′ et l'arbre p', qui communique son mouvement au tambour M² par les poulies u^2, r^3, et la corde J² s'enroule sur ce tambour, à mesure que le chariot sort.

Lorsque la poulie P′ et la corde N′ se meuvent en sens inverse, le tam-

bour M^2 reste immobile, le goujon s^3, dont est munie la poulie à gorge r^3, se mouvant entre les deux saillies du disque fixe t^3. Et pour empêcher que le frottement de la poulie folle n'entraîne l'arbre N^2 dans sa rotation, un ressort w^3 dont est muni le chariot vient appuyer fortement contre le moyeu du disque t^3.

C'est alors que le mouvement de l'arbre moteur P et par suite de la corde N′ cesse totalement, et que le petit levier z', entièrement libéré, tombe pour la seconde fois. Ce levier est muni, à son extrémité, d'un goujon qui agit sur une tringle x^3 qui commande l'embrayage double v^3 par l'intermédiaire d'un double levier y^3.

Comme le goujon du levier z' pénètre dans un œil allongé de la tringle x^3, il n'a pas pu agir sur cette tringle, dans son premier mouvement. Ce n'est que lorsqu'il tombe tout à fait que, rencontrant la partie inférieure de cet œil, il agit sur l'embrayage.

La corde N′ ne commande plus le tambour M′; c'est au contraire la corde J^2 qui, en se déroulant pendant la rentrée du chariot, met en mouvement le tambour M′, et celui-ci commande, par l'engrenage O^2, u^3, l'arbre p' et la poulie P′ qui, comme on le comprendra facilement, tourne dans le même sens que pendant la torsion, et fait tourner, à l'aide de la corde N′, les broches qui opèrent le renvidage, pendant toute la rentrée du chariot.

L'aiguillée étant invariablement de la même longueur, tandis que les bobines sur les broches augmentent de diamètre, à mesure qu'elles se chargent, on comprend sans peine qu'il faudra un beaucoup plus grand nombre de tours pour envider une aiguillée sur la broche nue, que pour l'envider sur une bobine d'un plus grand diamètre.

Le nombre de tours que font les broches pendant la rentrée du chariot doit donc aller en diminuant, à mesure que les broches se chargent.

Voici comment cet effet se produit :

Lorsque le renvidage a lieu sur les broches nues, l'écrou q^3, sur la vis p^3 du bras I^2, se trouve tout à l'extrémité de cette vis, près du pivot f' (fig. 3, 7 et 10). Dans cette position, cet écrou ne se déplace, dans le mouvement circulaire du bras I^2, que très-peu par rapport au pivot, et par conséquent la corde J^2 se déroulant d'une grande quantité fait faire un grand nombre de tours au tambour M^2, et par suite aux broches.

Si, au contraire, l'écrou se trouve à l'autre extrémité du bras I^2, comme cette pièce, par suite du mouvement que fait faire la rentrée au secteur D′, décrit un arc de cercle autour du pivot f', en ne s'éloignant que peu du tambour M^2, il en résulte que la corde J^2 ne se déroule que d'une faible quantité, et qu'elle fait tourner le tambour M^2 et les broches b beaucoup plus lentement.

Il s'agit donc de faire avancer peu à peu l'écrou q^3 sur la vis p^3, à mesure que le diamètre des bobines augmente.

Sur le pivot f' (fig. 10) est montée une poulie folle à gorge x^3 qu'entoure

une corde P^2, qui s'étend dans toute la longueur de la tête du métier et conserve une tension suffisante à l'aide du ressort à boudin w^3. Cette corde fait tourner continuellement la poulie x^3, lorsque le chariot marche.

Le moyeu de cette poulie porte une gorge dans laquelle pénètrent des goujons dont est muni le levier à fourche Q^2 qui oscille par l'un de ses bouts, et se termine à son autre extrémité par un contre-poids R^2. Ce levier est soutenu par une corde z^3, dont une extrémité s'attache au bras a^4 fixé sur l'axe p^2 de la contre-baguette, et qui supporte une poulie b^4 à la chape de laquelle se relie le levier Q^2.

Tant que le fil conserve sa tension normale, ce système n'agit pas; mais aussitôt que les fils se renvident trop rapidement, ce qui a lieu inévitablement, lorsqu'à vitesse égale le diamètre des bobines augmente, ces fils se tendent outre mesure et par suite pressent sur la contre baguette qui, en s'abaissant, laisse descendre le contre-poids R^2. Celui-ci, par le moyen du levier Q^2 qui le porte, force la poulie x^3 à appuyer fortement sur un disque c^4, fou lui-même sur le pivot f'. Le moyeu de ce disque porte une petite roue dentée engrenant avec une autre roue i^4 qui commande par le moyen d'un engrenage d'angle o^4 la vis p^3, laquelle, en tournant, fait avancer l'écrou q^3.

Lorsque les bobines sont suffisamment chargées, on arrête l'appareil, et on détourne à la main aussi bien celle V^2 du *copping-rail* que celle p^3, au moyen d'une clef qu'on applique sur une partie carrée à l'extrémité de ces vis.

Description des figures 8 et 9, planche 15. — Il ne nous reste plus qu'à examiner les modifications représentées dans les figures 8 et 9.

La première a rapport au mouvement de va-et-vient du chariot : l'auteur remplace le secteur denté, les pignons et la crémaillère, par une plaque A^3 munie d'une rainure dans laquelle pénètre le galet g' du bras B'.

La forme de cette rainure est combinée de manière à faire sortir le chariot avec une vitesse uniforme. Lorsque le galet arrive au point B^3, les cylindres étireurs s'arrêtent comme nous l'avons expliqué plus haut. Là, la forme de la rainure qui devient rectiligne ne fait plus sortir le chariot qu'avec une vitesse décroissante jusqu'à l'extrémité de sa course, afin de produire l'étirage du fil et d'éviter un choc.

La rentrée s'effectue comme précédemment par la pièce fixe à rainure H^2. La rentrée terminée, pour éviter que le galet ne passe de la rainure H^2 directement dans la partie B^3, un clapet à ressort k^4 ferme l'extrémité de cette dernière, après avoir livré passage au galet g' qui en sortait et qui, après la rentrée, est forcé de passer dans la rainure courbe A^3, en glissant sur le clapet.

Ces mêmes figures font voir en outre un appareil servant à accrocher le chariot lorsqu'il a opéré sa sortie.

Cet appareil consiste en un levier C^3 attaché par un axe l^4 au chariot. Dans la sortie, ce levier qui se recourbe vers le haut vient glisser en s'élevant, sur un goujon p^4, que porte une branche D^3 fixée au bâti L^3 à l'extré-

mité du métier (voy. fig. 16), jusqu'à ce qu'une encoche m^4 pratiquée dans le levier arrive au-dessus du goujon. Le levier retombe alors et reste accroché audit goujon.

Ce mouvement n'a pas influé sur une tringle verticale E^3 qui traverse, par un œil allongé, un goujon n^4 fixé à l'extrémité du levier C^3.

L'extrémité supérieure de cette tringle se relie à un levier F^3 fixé sur l'axe o^3 de la baguette. Lorsque celle-ci s'abaisse sur les fils, le levier F^3 décrit un arc de cercle et soulève le levier C^3 par le moyen de la tringle E^3. Le chariot se trouve ainsi dégagé et peut opérer sa rentrée.

TRANSPORT DU FOIN PRESSÉ SUR LES CHEMINS DE FER.

On a reconnu jusqu'à présent que le transport de la plupart des produits agricoles par les chemins de fer est difficile et fort coûteux, surtout quand ils présentent un grand volume comparativement à leur poids. Le foin, notamment, comme on le sait, présente cet inconvénient. L'an dernier, on avait proposé au sein de la Société centrale d'agriculture l'emploi de la presse hydraulique (1) pour réduire le volume de ce fourrage sur les trucs mêmes des compagnies; mais aujourd'hui on a trouvé un moyen préférable sous bien des rapports.

Comme il faut, avant tout, que le poids de charge d'un truc soit de 5,000 kil. au minimum, pour que les Compagnies ne prennent que 5 cent. par tonne et par kilomètre, et que, par les moyens ordinaires, par les cordes, on ne parvient à y faire tenir que 3,000 kil. au plus, on a proposé un appareil mobile à l'aide duquel six hommes suffisent pour presser en peu de temps une masse de 5,000 kil. de foin sur un truc.

On a calculé que de Strasbourg à Paris, par exemple, les frais de transport du foin avec la méthode employée jusqu'ici étaient de 35 fr. 85 c. par tonne, et qu'avec le nouveau procédé ils ne s'élèvent qu'à 21 fr. 50. L'économie est donc de 14 fr. 32 c.; les frais de l'opération sur le truc ne sont du reste que de 2 fr. 12 c. en sus.

M. le général Morin, auteur de cette proposition, s'est attaché à démontrer que cette mesure aurait un grand avantage, autant pour l'agriculture que pour la consommation. C'est ainsi, par exemple, que le foin ayant valu cette année 60 fr. la tonne à Sarrebourg, ne serait revenu à Paris qu'à 83 fr. 62 c. (hors barrière), tandis qu'on l'y payait 115 à 118 la tonne.

On sait que depuis longtemps déjà M. Morin s'occupe de la question des foins comprimés, d'une manière toute particulière, et qu'il est arrivé à des résultats très-remarquables. Sa proposition est en effet, d'autant plus importante, qu'elle permet d'effectuer des transports sur une grande échelle, non-seulement par la voie de fer, mais encore par la voie de mer.

(1) Nous avons publié dans le v[e] volume de ce Recueil les dessins et la description d'une telle presse.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

PROPORTIONS ET TYPES DES ROUES D'ENGRENAGES,

POUR TRANSMISSIONS DE MOUVEMENT,

Par M. ARMENGAUD aîné,

INGÉNIEUR A PARIS.

(PLANCHES 16 ET 17.)

Les roues d'engrenages sont peut-être, de tous les organes en usage dans la mécanique, ceux qui se trouvent le plus généralement appliqués. En effet, il existe peu de machines où les engrenages ne jouent un rôle important comme transmission de force et de mouvement. Après en avoir vu un grand nombre d'applications dans les moulins, les moteurs hydrauliques et à vapeur, on les retrouve aujourd'hui dans les navires à hélice, exécutés sur de larges dimensions, et dans les appareils les plus puissants.

Dans bien des cas les engrenages ne transmettant que des efforts insignifiants, on s'attache peu à calculer leur résistance d'une manière rigoureuse ; mais, dans d'autres circonstances, au contraire, on a le plus grand intérêt à fixer leurs dimensions d'une manière précise, afin de ne pas dépenser la matière inutilement, tout en leur donnant une force suffisante. Dans tous les cas possibles, le rapport de leurs diamètres doit être déterminé très-exactement.

Nous avons donc cherché à établir toutes les proportions des engrenages par des calculs aussi rigoureux que simples, soit en nous appuyant sur la théorie, soit et surtout sur la pratique empruntée aux constructeurs les plus expérimentés.

L'étude de la construction des engrenages se divise en plusieurs parties qui sont les suivantes :

1° La disposition des engrenages suivant la direction du mouvement qu'ils doivent transmettre, leur forme et l'effort auquel leurs diverses parties sont soumises ;

2° Le rapport de leurs dimensions d'après les vitesses relatives auxquelles ils correspondent ;

3° Le calcul de leurs dimensions d'après ces différentes considérations ;

4° Leur construction pratique comme forme et comme matière.

DISPOSITION DES ENGRENAGES.

On distingue dans les transmissions de mouvement deux sortes d'engrenages :

1° Les *roues droites* ou les *engrenages droits*, pour les *transmissions parallèles* ;

2° Les roues d'angle ou les engrenages coniques, pour les transmissions perpendiculaires ou angulaires.

La pl. 16 est relative à la théorie des engrenages en général, ainsi qu'au tracé et à la construction des roues droites en particulier.

La pl. 17 contiendra le tracé et la construction des engrenages d'angle, plus un engrenage à chaîne, qui, quoiqu'il soit un engrenage droit, n'a pu être contenu dans la planche précédente.

Nous avons compris dans les roues d'angles les engrenages héliçoïdaux et ceux à vis sans fin, attendu que dans ces deux cas les axes qu'ils commandent ne sont pas dans un même plan. Nous rappellerons ici d'une manière précise comment on détermine les dimensions relatives des roues d'engrenages ainsi que leur mode de transmission et le tracé et la courbure des dents, attendu que ces conditions sont nécessaires pour arriver à la détermination des efforts à produire.

VITESSE DE ROTATION. — Quelle que soit la direction du mouvement, les vitesses de rotation de deux axes commandés par des engrenages sont toujours en raison inverse des diamètres des cercles primitifs (on sait que les cercles primitifs sont ceux qui passent par le point de contact de la denture, et qui correspondent à la dimension qui conviendrait justement à un engrenage agissant par simple friction). On a, par conséquent, la proportion suivante :

$$D : d :: N : n \quad [1].$$

dans laquelle

D représente le diamètre de la grande roue.

d » » » de la petite roue.

N » le nombre de révolutions accompli, dans une minute, par la petite roue.

n représente le nombre de révolutions accompli par la grande, dans le même temps.

Supposons que l'on veuille transmettre une vitesse de 50 tours à un axe par une roue de 1^m20 montée sur un axe qui en fait 30 : on trouvera pour le diamètre d du pignon correspondant,

$$d = \frac{D \times n}{N}; \text{ ou } d = \frac{1^m20 \times 30}{50} = 0^m72. \quad [2]$$

Il arrive fréquemment que la distance de deux axes parallèles étant déterminée d'avance, on se propose de les commander réciproquement dans un certain rapport de vitesse par deux roues dont la somme des rayons se trouve alors nécessairement égale à cette distance; on les détermine très-facilement par le raisonnement suivant :

La somme des rayons $R + r$ égale la distance E des deux axes, et on peut établir avec cette somme la proportion $R + r : r :: N + n : n$, dans laquelle remplaçant $R + r$ par son égalité E, on a

$$E : r :: (N + n) : n, \text{ d'où } r = \frac{E \times n}{(N + n)}.$$

Dans l'exemple ci-dessus, si la distance des axes était fixée à 1^m60, les vitesses restant les mêmes; on aurait

$$r \text{ ou } \frac{d}{2} = \frac{1^m60 \times 30}{50 + 30} = 60$$

et par conséquent

$$R \text{ ou } \frac{D}{2} = 1^m60 - 60 = 1 \text{ m}.$$

Vitesse linéaire a la circonférence. — La vitesse à la circonférence est le chemin parcouru par une dent de la roue dans un temps déterminé : on prend ordinairement une seconde pour unité de temps, et le mètre pour unité de longueur.

Il est évident que cette vitesse est la même pour les deux roues qui composent un engrenage ; puisque le nombre de révolutions de chacune est en raison inverse de son diamètre, et que, d'autre part, le mouvement s'effectue sans qu'il y ait glissement à la circonférence; on détermine cette vitesse en multipliant la circonférence de l'une des roues par le nombre de tours qu'elle fait dans une minute, et en divisant le produit par 60.

On peut exprimer cette opération d'une manière générale, par une formule disposée avec la notation adoptée dans les données ci-dessus [1], c'est-à-dire que l'on a

$$V = \frac{\pi D n}{60}$$

et le calcul effectué dans les conditions du problème [2] donnerait

$$V = \frac{3^m77 \times 30}{60} = 1^m885$$

la vitesse à la circonférence des cercles primitifs de l'engrenage serait donc de 1m885 par 1″.

VITESSE ANGULAIRE. — La vitesse angulaire d'un corps tournant autour d'un centre est l'angle qu'il décrit dans l'unité de temps; elle est pour les engrenages, en raison directe du nombre de révolutions, et par conséquent en raison inverse du diamètre [1]. On conçoit, en effet, que la vitesse linéaire ou à la circonférence étant la même pour les deux roues d'un même engrenage, la circonférence de la petite roue se reproduit, pour un tour de la grande, autant de fois que les diamètres se contiennent, et que, par conséquent, les angles qu'elle décrit se trouvent multipliés par le même rapport.

On déduit de ces règles les remarques suivantes :

1° Si les deux axes sont mis en mouvement par une série de roues disposées comme intermédiaires, le nombre de révolutions accomplies par ces deux axes sera le même que si les roues qu'ils portent engrenaient directement, quel que soit le nombre des roues intermédiaires et leur diamètre ; car la vitesse linéaire à la circonférence sera la même pour toutes et égale à celle de la roue commandant;

2° Si le nombre des intermédiaires est pair les axes tourneront en sens inverse ; s'il est impair ils tourneront dans le même sens.

A l'égard d'une crémaillère commandée par un pignon, ou réciproquement, la vitesse de son mouvement rectiligne est la même que la vitesse à la circonférence du pignon.

DÉFINITION DU PAS. — La circonférence d'une roue étant armée de dents qui se trouvent naturellement séparées par un vide qu'on appelle le creux, une dent et un creux composent le *pas* de l'engrenage ; le pas correspond pour les deux roues à un arc rectifié d'une même valeur linéaire, et à un angle correspondant en raison inverse des diamètres ; le nombre de pas, et par conséquent de dents autour de chacune des roues est, *rigoureusement*, inversement proportionnel à leur vitesse de rotation.

Nous allons étudier maintenant la manière de déterminer la courbure qu'il est nécessaire de donner aux dents pour que leur passage puisse s'effectuer de l'une à l'autre.

TRACÉ DE L'ENGRENAGE A ÉPICYCLOÏDE (fig. 1). — La partie agissante de la dent se compose de deux surfaces, une droite qui est le flanc allant du cercle primitif *a′ b c′* vers son centre O′, et une courbe partant du même point et dirigée en sens opposé ; cette courbe est engendrée par un point *b* dont on suivrait la marche, en supposant que le cercle *d b e*, moitié du cercle primitif *a b c* tourne autour du cercle *a′ b c′*, qui est supposé fixe. La courbe qui en résulte s'appelle épicycloïde, et on l'obtient en opérant de la manière suivante :

On porte sur le cercle directeur *a′ b c′* un certain nombre de parties égales *b* 1, 2, 3, 4, etc., puis on reproduit les mêmes divisions sur le cercle *d b e* à partir du même point de tangence *b;* on trace par les divi-

sions 1, 2, 3, 4, etc. et le centre O du cercle *dbe*, des cercles *fk*, *gl*, *hm*, *in*, *jp* et Oo^5 concentriques avec *a′ b c′*; par les points de division 1, 2, 3, 4, de ce cercle, on fait passer des rayons prolongés qui marquent sur le cercle Oo^5 la position du centre O, à mesure que le cercle *db e*, par sa rotation, devient successivement tangent aux points 1, 2, 3, 4 et 5.

Si des points o', o^2, o^3, o^4 et suivants on trace des arcs de cercle ayant pour rayon celui du cercle *d b e*, leur intersection respective avec les cercles concentriques correspondants *jk*, *gl*, *hm*, etc. déterminent le passage de la courbe *bj*, qui est l'épicycloïde cherchée et dont la naissance *fi* est la partie courbe des dents de la roue A.

Si les deux roues sont de même diamètre il est évident que les dents de chacune seront semblables; dans le cas contraire on recommencerait l'opération à l'égard de la roue A′.

Cette simple remarque suffit pour démontrer qu'il n'est pas possible, avec le système épicycloïdal, de changer à volonté l'une des roues d'un engrenage, puisque la courbure des dents est dépendante du rapport des diamètres.

La longueur des dents en dehors du cercle primitif peut être limitée au point où la courbe tracée à la distance d'un pas, à partir du point de contact *b*, rencontre le cercle primitif *a′ b c′* de la roue A, en son point 4. Mais nous démontrerons plus loin qu'on peut fixer cette longueur d'avance en raison des efforts que l'on doit produire.

Il ne sera pas sans intérêt de démontrer pourquoi on prend un cercle générateur moitié du cercle primitif, au lieu de le prendre lui-même comme cela pourrait sembler naturel. La raison de cela est fondée sur la propriété que possède un cercle roulant dans l'intérieur d'un autre double en diamètre, dans lequel l'épicycloïde qu'il décrit est une ligne droite.



Si nous concevons deux cercles O et *o*, moitié l'un de l'autre, roulant ensemble autour d'un autre cercle B D, il est évident que le petit cercle *o* décrivant, par sa rotation, des arcs moitié de ceux décrits par celui O, il roulera à l'intérieur de celui-ci, et tracera l'épicycloïde droite A O, comme si le cercle O était fixe, et de plus il décrira l'épicycloïde courbe A C autour du cercle B D. Or, si nous supposons le cercle *o* arrêté en un point *a* et la

courbe A C au point C correspondant, l'amplitude de sa rotation sera exprimée par l'angle C *o a* ; celle du cercle O qui est moitié de celle-ci devra donc être représentée par un angle moitié moindre, c'est-à-dire par celui A′ O′ *a*. Mais A′ O′ étant la même ligne que A O, qui s'est déplacée, sa portion A′ C est précisément la partie de l'épicycloïde droite engendrée par le cercle *o* à l'intérieur du cercle O, et de plus elle est perpendiculaire à C*a*. Par conséquent les deux épicycloïdes A C et A′C sont engendrées en même temps et par le même point C, d'où il résulte qu'elles sont continuellement tangentes.

C'est précisément cette propriété qui est mise en application dans le tracé des engrenages, attendu que la courbure d'une dent se développe au point de contact *b* (fig. 1) contre le flanc de l'autre dent, qui est une ligne droite.

Tracé de l'engrenage a développante (fig. 2). — Les engrenages construits d'après le principe que nous venons d'établir exigent, comme on vient de le voir, que les diamètres relatifs ne varient pas sensiblement, c'est-à-dire que l'on ne peut pas remplacer l'une des deux roues par une autre d'un diamètre différent sans s'exposer à ce que l'engrenage ne se fasse pas régulièrement, puisque la courbure des dents est en rapport avec les diamètres; la distance des centres doit aussi être parfaitement invariable. et dans la pratique il se trouve fréquemment que cette condition ne peut pas être complétement remplie, quand les pièces, fonctionnant sur les axes, sont susceptibles de changer légèrement de position, comme dans les laminoirs, par exemple.

Ces causes ont amené l'application des engrenages à *développante*, qui atteignent par leur nature un but différent.

La fig. 2 représente une portion de l'engrenage de deux roues droites A, A′, dont les dents sont tracées d'après le principe de la développante, ainsi que nous allons essayer de le démontrer.

Supposons les cercles tangents E F et E′F′ diamètres primitifs de l'engrenage à construire.

On tracera les cercles CB′ et B D tels que la somme de leurs distances *f b* et *b f′* du point de contact *b*, soit égale à la hauteur que la dent doit avoir, et que ces distances *f b* et *b f′* soient directement proportionnelles aux rayons O *b*, *ob* ; puis, par le point *b*, on mènera la droite B B′ tangente à l'un des deux, et qui se trouvera nécessairement tangente à l'autre. (On conçoit qu'il suffit de déterminer l'un des deux cercles, CB′ par exemple, et que le rayon de B D est égal à la perpendiculaire *o* A abaissée du centre *o* sur la tangente B B′.

Les deux parties B *b*, B′*b*, de la tangente BB′ sont les directrices primitives des deux développantes *a b e′* et *c b e*, tangentes au point de contact *b*, et que l'on décrit d'après les cercles B*f′* D et C*f* B′; il suffit, pour tracer chaque courbe, de se donner sur le cercle correspondant B′C, ou B D par exemple, un certain nombre de points 1, 2, 3, etc., par lesquels on

trace des tangentes que l'on fait égales, de leur point de tangence à la grandeur B b, plus ou moins les arcs rectifiés du point B à ce point de tangence, suivant qu'il est situé en dehors ou en dedans de l'arc B f' : la développante est la courbe $a\,b\,e'$ qui réunit les tangentes par leurs extrémités.

La seconde courbe $c\,b\,e$ s'obtient évidemment de la même manière et se trouve tangente à la première au point b.

Les deux courbes étant reproduites par tous les points de divisions indiquant les épaisseurs des dents sur les deux cercles primitifs E F et E′ F′, leur longueur est limitée, ainsi que nous l'avons dit plus haut, par les deux cercles C B′ et B D, plus une petite grandeur excédante, pour le jeu nécessaire dans le fond; on obtient ainsi un engrenage semblable à celui-ci (fig. 2).

Une propriété très-remarquable de cette construction est que toutes les dents, qui se trouvent en prise simultanément, ont précisément leur point de contact ou de tangence sur la ligne géométrique B B′ ; afin de démontrer clairement cette particularité nous faisons le raisonnement suivant :

Si l'on fait passer la courbe $b'\,e^2$ par l'un des points de division b' du cercle E F, la courbe $b^2\,e^3$, développée sur le cercle B D, qui lui serait tangente au point T sur B B′, passe par le point de division b^2 du cercle E′ F′; et les deux arcs $b\,b'$ et $b\,b^2$ sont égaux en développements.

En effet, la grandeur B T étant égale à l'arc rectifié B$f'\,a'$, la partie b T est égale à l'arc $a\,a'$, et par conséquent à celui $c\,c'$, par un raisonnement semblable : mais l'arc $c\,c'$ égale celui $f\,2$ à cause de la symétrie des courbes, et $a\,a'$ égale $f'\,2'$, d'où $f\,2$ égale $f'\,2'$; or l'égalité de ces deux arcs établit celle des arcs $b\,b'$ et $b\,b^2$, puisque les rayons de C B′ et B B′ sont directement proportionnels à ceux des cercles primitifs E F et E′ F′. Par conséquent les deux courbes $b'\,e^2$ et $b^2\,e^3$ interceptent deux arcs égaux bb^2, $b\,b'$, en passant par un même point T sur B B′.

En résumé, les engrenages à développante ont sur ceux à épicycloïde les avantages suivants :

1° Une même roue peut convenir à une série de diamètres différents, ayant le même pas, car la courbe est indépendante du rapport des diamètres;

2° L'écartement des centres des axes peut varier d'une certaine quantité, les courbes ne pouvant être prolongées sans cesser d'être en contact, puisqu'elles ont toujours entre elles la même distance;

3° La forme des dents est infiniment plus favorable à la résistance que dans celles à épicycloïde, la partie la plus épaisse se trouvant à leur origine sur la couronne de la roue, et en dedans du point de contact.

Les engrenages ainsi définis dans la partie de leur construction, que l'on peut appeler géométrique, ils doivent être considérés maintenant comme des organes ayant, non pas seulement à transmettre des mouvements dans des rapports donnés de vitesse et de direction, et avec une régularité suf-

fisante, mais aussi à résister à des efforts capables, suivant le sens dans lequel ils sont dirigés, de les briser, s'ils n'étaient pas convenablement proportionnés.

Nous allons les examiner sous ce second point de vue, en rappelant toutefois leur construction géométrique quand elle constituera un cas particulier.

CALCUL DE L'EFFORT AUQUEL SONT SOUMISES LES ROUES D'ENGRENAGE.

Quand un engrenage transmet la puissance d'un moteur, les dents de chaque roue supportent à leur point de contact un effort qui est capable de vaincre la résistance donnée. Cette résistance est égale à la puissance du moteur; elle est comparable à un poids qui serait appliqué à la circonférence du cercle primitif, la roue supposée fixe.



Si nous supposons, pour bien fixer les idées, qu'une roue O agisse sur une autre o, qui aurait un poids P suspendu à une corde ou chaîne enroulée sur sa circonférence : le diamètre A serait alors considéré comme un fléau de balance ayant son point fixe au centre o, et qui devrait être en équilibre. Il est évident que la roue O doit alors exercer en B une pression égale au poids P, et que cette pression est supportée également par les deux dents en contact. Il y a toujours à la vérité plusieurs dents en prise, mais on doit calculer comme si une seule devait supporter la pression.

Ceci posé, la puissance des moteurs étant ordinairement évaluée en chevaux, ou en kilogrammètres, la première opération pour arriver à la détermination de l'épaisseur des dents consiste à rechercher la pression qu'elles supportent; on fait le raisonnement suivant :

Si dans l'exemple précédent la roue O communique au poids P une vitesse ascensionnelle V, et que la force connue en kilogrammètres nécessaire pour faire ce travail soit égale à F, quelle serait la valeur de F?

Comme dans l'estimation de la force des moteurs on a toujours

$$F = P V$$

on aurait évidemment

$$P = \frac{F}{V}$$

c'est-à-dire la puissance en kilogrammètres divisée par la vitesse en mètres par seconde.

Cette vitesse serait justement celle de la circonférence de la roue *o*, puisque le poids P s'y trouve directement appliqué, et par conséquent celle de la roue commandant O.

Donc, en définitive, la pression exercée sur les dents d'un engrenage est égale à la force transmise, estimée en kilogrammètres, divisée par la vitesse linéaire à la circonférence.

Exemple. — Si, dans la fig. précédente, on suppose que l'axe *o* soit commandé par une manivelle à l'extrémité de laquelle on exerce un effort F de 7 kilogrammètres, en lui faisant faire 20 tours par minute, quel sera l'effort P auquel doivent résister les dents des roues *o* et O, en admettant les dimensions suivantes :

Rayon de la manivelle.	0^m40
« de la roue *o*.	0 06

Solution. — La pression P sur les dents d'engrenages est égale à celle de P′ exercée directement sur la manivelle, multipliée par le rapport des rayons de la manivelle et de la roue *o*;

La pression P′ est égale à la force F divisée par la vitesse V du bouton de la manivelle ; on a par conséquent :

$$V = \frac{0^m80 \times 3,1416 \times 20}{60} = 0^m834$$

d'où on trouve pour P′,

$$P' = \frac{7}{0,834} = 8^k39$$

effort exercé directement sur la manivelle; on en déduit en définitive la pression P par le rapport ci-dessus 40 : 6 ou 20 : 3, soit :

$$P = 8^k39 \times \frac{20}{3} = 55^k9$$

qui est l'effort cherché.

Voici un tableau dans lequel on trouve la pression P pour des forces de 1 à 10 chevaux, ou de 75 à 750 kilogrammètres et pour des vitesses de 0^m10 à 1 m. par seconde.

Formule $P = \frac{N \times 75}{V \text{ en mètres.}}$

TABLEAU DES PRESSIONS SUPPORT

FORCE en CHEVAUX.	VITESSES EN MÈTRES A LA CIRCONFÉRENCE PRIMITIVE DE LA ROUE.							
	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40	0,45
1	750	500	375	300	250	214	187	166
1.5	1125	750	562	450	375	321	281	250
2	1500	1000	750	600	500	428	375	333
2.5	1875	1250	937	750	625	535	469	416
3	2250	1500	1125	900	750	642	563	500
3.5	2625	1750	1312	1030	875	749	657	583
4	3000	2000	1500	1200	1000	856	750	666
4.5	8375	2250	1687	1350	1125	963	844	750
5	3750	2500	1875	1500	1250	1070	938	833
5.5	4125	2750	2062	1650	1375	1177	1032	916
6	4500	3000	2250	1800	1500	1284	1125	1000
6.5	4875	3250	2437	1950	1625	1391	1219	1083
7	5250	3500	2625	2100	1750	1498	1313	1166
7.5	5625	3750	2812	2250	1875	1605	1407	1250
8	6000	4000	3000	2400	2000	1712	1500	1333
8.5	6375	4250	3187	2550	2125	1819	1594	1416
9	6750	4509	3375	2700	2250	1926	1688	1500
9.5	7125	4750	3562	2850	2375	2033	1782	1583
10	7500	5000	3750	3000	2500	2140	1875	1666

On comprend que la pression P étant en raison directe de la force et en raison inverse de la vitesse, on obtiendra des nombres qui ne sont pas sur le tableau en multipliant ceux qui s'y trouvent, d'une manière convenable : supposons, par exemple, que l'on demande la pression correspondante à une force de 25 chevaux, avec une vitesse de 1m 50, on trouve, pour 2 chevaux et 1/2, 0m 15,1250 kil.; or, comme ce nombre doit être à la fois multiplié et divisé par 10, il convient également pour les deux cas.

Si c'était 2 ch. 5 et 1m 50, on aurait 125 kil.

Pour 25 ch. et 0m 15, on aurait par la même raison 12500 kil.

Nous avons construit un tableau graphique (fig. A), analogue à ceux que nous avons déjà donnés, à l'aide duquel on remplace la table précédente ; on a l'avantage, avec ce tracé, de pouvoir faire rapidement des comparaisons.

Les droites angulaires qui partent de B représentent des forces en chevaux de 1 à 10; les verticales, à partir de A inclusivement, correspondent aux vitesses linéaires de 0m 10 à 1 m., et l'échelle supérieure DC est divisée en parties égales représentant des poids de 0 à 8000 kil.

Proposons-nous de déterminer avec ce tableau la pression exercée sur

PAR LES DENTS DES ROUES D'ENGRENAGE.

FORCE en CHEVAUX.	VITESSES EN MÈTRES A LA CIRCONFÉRENCE PRIMITIVE DE LA ROUE.								
	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95	1,00
1	125	115	107	100	93	88	83	79	75
1.5	187	173	160	150	140	132	125	118	112
2	250	230	214	200	187	176	166	157	150
2.5	312	288	267	250	234	220	208	197	187
3	375	345	320	300	281	261	250	236	225
3.5	437	403	375	350	328	308	291	276	262
4	500	460	428	400	375	352	333	316	300
4.5	562	518	482	450	422	396	375	355	337
5	625	575	535	500	469	440	416	394	375
5.5	687	633	589	550	516	484	458	434	412
6	750	690	642	600	563	529	500	473	450
6.5	812	748	696	650	610	573	541	513	487
7	875	805	750	700	656	617	583	552	525
7.5	937	863	803	750	704	661	625	592	562
8	1000	920	857	800	751	705	666	631	600
8.5	1062	978	910	850	798	749	708	671	637
9	1125	1035	964	900	843	794	750	710	675
9.5	1187	1093	1017	950	890	838	791	750	712
10	1250	1150	1070	1000	937	882	833	789	750

les dents d'une roue qui transmet une force de 5 chevaux et dont la vitesse à la circonférence égale 0m25.

Par l'intersection *v* de la verticale 0m25 avec la ligne angulaire 5 chev., on mène l'horizontale *vf* jusqu'à sa rencontre *p* avec la ligne A E partant du point A, et qui est un lieu géométrique pour le tableau entier; la partie *pf* de cette horizontale étant reportée sur l'échelle DC, indique la pression cherchée qui est, d'après les données précédentes, de 1500 kil.

Il est bon de remarquer que la pression sur les dents varie en raison inverse du diamètre de la roue. Si nous supposons, en effet, que le diamètre soit double de celui qui donnait 0m25 de vitesse à la circonférence, il est évident que la rotation restant la même, on aurait 0m50 de vitesse à la circonférence et 75 kilog. pour la pression sur la dent. Cette propriété est mise à profit pour éviter des pièces trop chargées ; on doit en tenir compte pour fixer les diamètres en raison des efforts à produire.

ÉPAISSEUR DES DENTS. — Après avoir trouvé très-exactement l'effort que subit une dent, il devient très-facile de déterminer ses dimensions ; une dent est alors considérée comme un solide encastré par l'une de ses extrémités et chargé de l'autre ; on suppose la charge agissant tout à fait à l'extrémité.

L'équation d'équilibre correspondante s'exprime ainsi :

$$e^2 = \frac{P \times h}{k \times l}$$

dans laquelle

e représente l'épaisseur de la dent, en centim., sur le cercle primitif.

P la pression en kilogr. définie ci-dessus et agissant à l'extrémité de la dent.

h hauteur ou saillie de la dent en centim. à partir de la jante.

k coefficient numérique en rapport avec la matière employée, égal à 25 pour la fonte de fer.

l largeur de la dent, parallèlement à l'axe de rotation.

Cette formule est modifiée, dans la pratique, en ce sens que l'on attribue d'avance une valeur à la hauteur et à la largeur relative à l'épaisseur; on suppose habituellement que $h = 1{,}2\ e$, et $l =$ de 3 à 10 e; remplaçant les lettres h et l par ces valeurs, la formule devient alors

$$e^2 = \frac{P \times 1{,}2\ e}{k \times r\ e},$$

qui simplifiée se réduit à

$$e^2 = \frac{1{,}2\ P}{r\ k}.$$

La lettre r représente le coefficient variable établissant le rapport entre la largeur et l'épaisseur.

Si d'après cette formule nous cherchons l'épaisseur d'une dent devant supporter une charge de 150 kil., en faisant $r = 4$, on a

$$e = \sqrt[2]{\frac{1{,}2 \times 150}{25 \times 4}} = 1^c 34, \text{ épaisseur cherchée ;}$$

la largeur de la dent dans le sens de l'axe serait par conséquent

$$l = 1^c 34 \times 4 = 5^c 34.$$

Cette formule se réduit donc à ceci :

L'épaisseur d'une dent égale la racine carrée du produit de la pression par 1,2, divisé par le produit de 25 par le nombre indiquant le rapport entre l'épaisseur de la dent et sa largeur.

Le nombre 1,2 qui indique, ainsi qu'on l'a vu plus haut, le rapport de la hauteur à l'épaisseur, pourrait varier, dans le cas d'un effort peu considérable où la hauteur d'une dent peut dépasser 1,5 de fois son épaisseur; mais le calcul peut toujours s'effectuer dans les mêmes conditions que ci-dessus, attendu que pour les petites dimensions les différences qui en résulteraient seraient peu considérables.

Quant au rapport r, on doit le faire varier sensiblement à mesure que

les efforts deviennent grands, afin que les dents n'aient pas une épaisseur trop forte relativement au diamètre de la roue ; car il est important, pour qu'un engrenage ait le moins d'usure possible, que plusieurs dents engrènent à la fois et qu'elles forment entre elles un angle peu considérable. Nous avons donné dans le *Cours de dessin* (page 157) une table qui indique les rapports que l'on adopte ordinairement pour des charges déterminées ; cette table est remplacée ici par une formule générale qu'il est bien plus facile de retenir qu'une série de nombres, quelque limitée qu'elle puisse être ; nous donnons pour valeur à r,

$$r = \frac{P}{1000} + 4$$

ce qui signifie qu'il faut diviser la charge, toujours exprimée en kil., par 1000 et ajouter 4 unités au quotient ; le résultat donne le rapport cherché, en ayant soin d'éliminer les décimales pour ne conserver qu'un nombre très-simple.

Si l'on avait, par exemple, une pression de 1250 kil. on trouverait

$$r = \frac{1250}{1000} + 4 = 5,25,$$

soit 5 ou 5 1/2.

Si nous appliquons cette règle à un exemple connu, soit par exemple les pignons des machines de Saint-Germain, sur lesquels la pression est de 6335 kil.

Nous trouvons

$$r = \frac{.6335}{1000} \times 4 = 10,3.$$

soit 10.

Les dimensions exécutées sont 75^{mm} d'épaisseur sur 525^{mm} de largeur, d'où le rapport

$$r = \frac{525}{75} = 9,6.$$

Ces valeurs sont évidemment très-rapprochées l'une de l'autre.

On peut éviter de faire des calculs avec le tableau suivant qui donne les épaisseurs des dents en relation avec des pressions données, en adoptant également le rapport avec la largeur.

Formule $e = \sqrt[2]{\frac{120 P}{25 r}}$

TABLE RELATIVE A L'ÉPAISSEUR DES DENTS D'ENGRENAGE DE FONTE.

PRESSION en kilogram.	RAPPORT ENTRE L'ÉPAISSEUR ET LA LARGEUR DES DENTS.							
	3	4	5	6	7	8	9	10
	mil.	mil.	mil.	mil.	mil.	mil.	mil.	mil.
10	4.0	3.4	3.1	2.8	2.6	2.4	2.3	2.2
20	5.6	4.9	4.4	4.0	3.7	3.5	3.2	3.1
30	6.9	6.0	5.3	4.9	4.5	4.2	4.0	3.8
40	8.0	6.9	6.2	5.6	5.2	4.9	4.6	4.4
50	8.9	7.7	6.9	6.3	5.8	5.5	5.2	4.9
60	9.8	8.5	7.5	6.9	6.4	6.0	5.6	5.4
70	10.5	9.2	8.2	7.5	6.9	6.5	6.1	5.8
80	11.3	9.8	8.8	8.0	7.4	6.9	6.5	6.2
90	12.0	10.4	9.3	8.5	7.8	7.3	6.9	6.6
100	12.6	10.9	9.8	8.9	8.2	7.7	7.3	6.9
150	15.5	13.4	12.0	10.9	10.1	9.5	8.9	8.4
200	17.9	15.5	13.8	12.6	11.7	10.9	10.3	9.8
250	20.0	17.3	15.5	14.1	13.1	12.2	11.6	10.9
300	21.9	18.9	16.9	15.5	14.3	13.4	12.6	12.0
350	23.6	20.5	18.5	16.7	15.5	14.5	13.7	12.9
400	25.3	21.9	19.6	17.9	16.6	15.5	14.6	13.8
450	26.8	23.2	20.8	18.9	17.6	16.4	15.4	14.7
500	28.3	24.5	21.9	20.0	18.5	17.3	16.3	15.5
550	29.6	25.7	22.9	21.0	19.4	18.4	17.1	16.2
600	31.0	26.8	23.9	21.9	20.3	19.0	17.8	16.9
650	32.9	27.9	24.9	22.8	21.1	19.7	18.6	17.6
700	33.5	28.9	25.9	23.6	21.9	20.5	19.3	18.3
750	34.7	30.0	26.8	24.5	22.7	21.2	20.0	18.9
800	35.8	31.0	27.7	25.3	23.4	21.9	20.7	19.6
850	36.9	31.9	28.5	26.1	24.1	22.6	21.3	20.2
900	38.0	32.9	29.4	26.8	24.8	23.2	21.9	20.8
930	39.0	33.8	30.2	27.5	25.5	23.9	22.5	21.3
1000	40.0	34.7	30.9	28.3	26.1	24.5	23.1	21.9
1500	49.0	42.4	38.0	34.6	32.0	30.0	27.8	26.8
2000	56.5	48.9	44.7	40.0	37.1	34.6	32.3	31.0
2500	63.2	54.7	48.9	44.7	41.4	38.7	36.0	34.7
3000	69.3	60.0	53.6	48.9	45.3	42.4	39.7	38.0
3500	74.8	64.8	58.0	52.9	49.0	45.8	42.9	41.0
4000	80.0	69.3	61.9	56.5	52.4	48.9	45.9	43.8
4500	84.8	73.5	65.7	60.0	55.5	51.9	48.7	46.5
5000	89.4	77.4	69.3	63.2	58.5	54.8	51.4	49.0
5500	93.8	81.2	73.0	66.3	61.4	57.4	53.9	51.4
6000	97.9	84.8	75.6	69.3	64.2	60.0	56.2	53.7
6500	102.0	88.3	79.0	72.1	66.8	62.4	58.6	55.9
7000	105.8	91.6	82.0	74.8	69.3	64.8	60.9	58.0
7500	109.5	94.8	84.8	77.4	71.7	67.1	63.1	60.0
8000	113.1	97.9	88.0	80.0	74.1	69.3	65.1	62.0
8500	116.6	100.9	90.3	82.4	76.3	71.4	67.1	63.9
9000	120.0	103.9	93.0	84.8	78.6	73.5	69.1	65.7
9500	123.3	106.7	95.5	87.2	80.7	75.5	71.0	67.5
10000	126.5	109.5	98.0	89.4	82.8	77.4	72.9	69.3

La première colonne indique des pressions P en kil. depuis 10 jusqu'à 10000, et les suivantes donnent les épaisseurs correspondantes, en faisant varier le rapport r de 3 à 10.

Le tableau graphique B peut remplacer cette table; il est absolument semblable, quant à sa disposition, à celui que nous avons publié (vol. 8, pl. 19) pour les arbres en fer.

Les lignes angulaires qui viennent se terminer sur le côté BC correspondent à la première colonne de la table précédente et représentent les pressions de 100 à 1000 kil., ou de 1000 à 10000 à volonté; les verticales indiquent le rapport r de 3 à 12; et les épaisseurs cherchées se trouvent en grandeur naturelle sur l'échelle supérieure CD divisée en centimètres.

Supposons une pression de 400 kil. et proposons-nous de trouver l'épaisseur correspondante d'une dent dont nous fixons la largeur à cinq fois cette épaisseur.

On cherche l'intersection de la verticale 5 avec la ligne 400, et on mène, comme la figure l'indique, une horizontale jusqu'au côté BC; la portion de cette droite comprise entre BC et la courbe BE étant renvoyée directement sur l'échelle DC, donne l'épaisseur cherchée, qui est ici 1^c96.

Si les dents devaient être en bois, leur épaisseur qui est les $\frac{4}{3}$ de celles en fonte, est trouvée en se servant de la courbe BF : elle serait ici égale à 2^c61.

Enfin, si la pression dépasse 1000, on supposerait les valeurs indiquées par les lignes angulaires multipliées par 10, et on se servirait alors de la courbe BE′ : c'est ainsi que l'on trouverait pour 4000 kil. et r égalant 5, 6^c1 d'épaisseur.

On voit qu'une même horizontale donne trois résultats à la fois et qu'il en est de même dans tous les cas.

DÉTERMINATION DES AUTRES PARTIES D'UNE ROUE OU D'UN PIGNON D'ENGRENAGE A DENTURE DE MÉTAL.

(Fig. 3 à 5) JANTE. — Les dimensions des dents renferment, comme on vient de le voir, les éléments nécessaires pour définir complétement la résistance d'une roue; on peut, par conséquent, trouver d'autres dimensions en les prenant pour base.

La jante ou couronne J est le cercle auquel les dents sont directement attachées; elles font corps avec elle dans ce cas. Sa largeur est la même que celle des dents. Elle résiste à la pression dans le sens de la circonférence, c'est-à-dire proportionnellement à sa section suivant le rayon de la roue; cette section pourrait très-bien être inférieure à celle des dents, mais pour empêcher l'ovalisation à la fonte on lui donne des proportions

plus fortes, et on fait cette épaisseur

$$y = e$$

et de plus on la renforce intérieurement d'un cordon ou nervure n qui se raccorde avec les bras B.

Bras. — Les bras résistent comme des corps encastrés par une de leurs extrémités et chargés de l'autre. L'effort qui agit pour les rompre est celui qui s'exerce sur la denture, et s'ils étaient trop faibles la couronne de la roue commandée tournerait sans entraîner l'arbre; ils fléchiraient un peu et se briseraient ensuite.

Les dimensions qu'on leur attribue en pratique sont bien supérieures à ce que donnerait le calcul direct, attendu qu'on doit tenir compte de la coulée pendant laquelle le retrait, en s'effectuant, les ferait casser s'ils étaient trop faibles par rapport à la couronne qui les relie ensemble.

Un savant professeur, M. Redtenbacher, dont nous avons eu occasion de citer les travaux en traitant les proportions des boulons (vol. VIII, liv. 1), fait porter la largeur des bras au diamètre de l'arbre de la roue; mais cela nécessite un calcul de plus quand elle ne transmet pas toute la puissance de son axe, et comme, d'autre part, les proportions de la denture donnent précisément la résistance totale de la roue, nous prenons cette condition pour base.

La largeur b des bras vers le centre de la roue égale

$$b^{\text{mil.}} = \frac{18\,e + 30^{\text{mil.}}}{\text{N}}$$

N exprimant le nombre de bras.

Leur épaisseur a est à peu près proportionnelle à la largeur l des dents, on a

$$a = 0{,}15\,r\,e + 2^{\text{mil.}}$$

Ils diminuent de largeur vers la circonférence, suivant un angle que l'on fait habituellement égal à 2 degrés environ.

Les dimensions sont exprimées ici en millimètres.

Les bras sont garnis de fortes nervures N, dont l'épaisseur à la base est égale à celle a; on les fait un peu plus minces vers le haut à cause de la dépouille; leur hauteur aux extrémités correspond à la couronne et au moyeu.

Les bras ont pour section moyenne la forme indiquée fig. 5, qui est une section suivant la ligne 5-6 (fig. 4).

On adopte assez généralement six bras et on peut se renfermer dans les nombres 4, 6 et 8, que l'on prend en raison des diamètres, en cherchant à éviter de grandes parties de couronnes non soutenues, ce qui occasionne du faux rond quand on les tourne, ou à la fonte.

Moyeu. — L'épaisseur E du métal autour de l'arbre est encore calculée en raison de la force et de la denture, plus une quantité fixe ajoutée pour

l'effort produit par le serrage de la clavette; c'est surtout cette opération qui détermine la rupture des moyeux de roues :

$$E = 1,5e + 10^{mil.}$$

Sa largeur L, ou portée sur l'arbre, est naturellement égale à celle de la couronne, plus une quantité proportionnelle au diamètre primitif pour assurer sa stabilité :

$$L = re + 0,10\,R.$$

La largeur c de la clavette peut être évaluée au 1/10 du rayon primitif de la roue, tout en évitant qu'elle ne dépasse le 1/3 du diamètre de l'arbre; on en met plus d'une dans ce cas; son épaisseur est environ moitié de sa largeur.

CONSTRUCTION PRATIQUE.

ENGRENAGES DROITS, DENTURE FONTE SUR FONTE TAILLÉE.

Les engrenages qui sont destinés à marcher avec beaucoup de précision sont taillés à même le métal ou retouchés après la fonte; on donne néanmoins du jeu aux dents, c'est-à-dire que les creux sont un peu plus grands que les pleins.

La quantité dont les creux sont augmentés pour une denture exécutée avec soin est telle que le pas, qui se compose, comme on l'a vu plus haut, d'une dent plus un vide, devient

$$p = 2,04\,e + 1^{mil.}$$

La profondeur des creux doit être aussi légèrement augmentée, afin que les dents ne portent pas à fond. Quand les axes sont bien rigides, et sans être superposés dans le sens vertical, le jeu au fond des dents peut être égal à $0,03\,e + 1^{mil.}$

APPLICATION DES RÈGLES PRÉCÉDENTES A LA CONSTRUCTION D'UNE ROUE DANS DES CONDITIONS DONNÉES (FIG. 3 A 5.)

Nous supposons qu'il soit donné de construire un engrenage droit composé de deux roues égales de 700 mill. de diamètre, et devant transmettre une force totale de 10 chevaux ou 750 kilogrammètres avec une vitesse de 30 tours à la minute.

On cherche d'abord la vitesse à la circonférence, en opérant comme il a été dit plus haut.

On a

$$V = \frac{3,1416 \times 700 \times 30}{60} = 1^{m}099$$

ou en nombres ronds

$$V = 1^{m}1$$

On déduit de cette vitesse la pression P :

$$P = \frac{750}{1,1} = 681^{k}8$$

Soit $P = 680^{k}$

Le rapport entre la largeur et l'épaisseur des dents sera :

$$r = \frac{680}{1000} \times 4 = 4,68$$

Soit $r = 5$.

On possède maintenant les éléments nécessaires à la recherche de l'épaisseur des dents.

$$e = \sqrt{\frac{680 \times 1,2}{25 \times 5}} = 27$$

Soit $e = 27$

On divise ensuite la circonférence par le double de ce nombre, et on prend le nombre entier le plus rapproché du quotient pour le nombre de dents.

$$\frac{3,1416 \times 700}{54} = 40,7$$

Soit 40 dents.

Donc, en résumé, la division exacte de la circonférence en 40 parties donne le pas $p = 54,97$, et l'épaisseur définitive des dents s'obtient en tenant compte du jeu par la formule ci-dessus $p = 2,04\ e + 1$, de laquelle on tire

$$e = \frac{54,97 - 1}{2,04} = 26,4$$

Soit $e = 26$ mill.

et la largeur l égale $26 \times 5 = l = 130$.

Les autres dimensions étant calculées d'après les précédentes, on trouve :

Épaisseur de la couronne.	$y = 26$
Épaisseur des bras.	$a = 21,5$
Largeur maximum des bras, leur nombre étant fixé à 6.	$b = 83$
Épaisseur du moyeu.	$E = 49$
Portée sur l'arbre du moyeu	$L = 165$
Largeur de la clavette.	$c = 35$
Épaisseur de la clavette.	17

Les dimensions ainsi obtenues, on détermine la courbure des dents, en adoptant par exemple le système épicycloïdal, et les diamètres étant égaux, les deux roues et leurs dentures sont exactement semblables.

Nous renvoyons aux IIe et IIIe volumes, qui traitent des machines à tailler les engrenages, pour les soins à prendre, soit dans la division, soit dans le travail de la denture.

La fig. 3 est une vue de face d'une roue droite exécutée d'après ces données, et la fig. 4 en est une coupe verticale suivant la ligne brisée 1-2-3-4.

La fig. 5 est une section moyenne d'un bras suivant la ligne 5-6, comme nous l'avons dit plus haut.

La jante J et le moyeu M portent une moulure sur le bord extérieur qui n'est le plus souvent qu'un simple arrondi : il est utile cependant de faire venir un carré sur les deux faces pour pouvoir tourner sans faire de faux raccords, ce qui arrive dans le cas contraire, puisqu'on ne touche pas à l'intérieur.

Les surfaces intérieures de la jante et du moyeu forment un cône à partir de la nervure *n*, ce qui donne la *dépouille* nécessaire au moulage; il en est de même des nervures N dont la section est un trapèze ayant sa grande base appuyée sur les bras B.

Les angles formés par les nervures avec les bras sont garnis de chanfreins ou de congés pour éviter ce que l'on appelle des *criques*, c'est-à-dire des gerçures dans la fonte, et qui se produisent souvent par le retrait dans les angles vifs rentrants.

La clavette est placée en face d'un bras, endroit le moins susceptible de rupture.

DENTURE, FONTE SUR FONTE BRUTE. — L'emploi des engrenages non retouchés doit être restreint autant que possible, et encore est-il nécessaire de vérifier la pièce pour s'assurer que tous les creux sont capables de laisser passer les dents, et qu'il n'existe pas de contre-moulages; autrement on s'exposerait à des accidents qui sont parfois très-graves. S'il arrive en effet qu'une dent rencontre un obstacle, ne pouvant pas passer, il se produit des ruptures ; les axes sont faussés, et les points d'appui sont repoussés.

Malgré tous les soins apportés à la confection du modèle et au moulage, les dents brutes ne peuvent pas être parfaitement égales, ni le cercle très-rond; on donne, en conséquence, un jeu assez fort, tant dans le sens de l'épaisseur que de la profondeur.

Le pas des engrenages, fonte sur fonte, bruts est ainsi fixé :

$$p' = 2,1\ e'$$

d'où l'épaisseur de la dent rapportée au pas égale :

$$e' = \frac{p'}{2,1}$$

et le jeu égale, par conséquent, 0,1 e'.

Le jeu à fond de creux égale 0,1 e' + 1 mill.

DENTURE TAILLÉE, FONTE SUR BOIS (fig. 6 et 7). — Dans les transmissions d'une certaine importance, la plus grande des deux roues composant un engrenage a ses dents en bois dur, cormier ou charme. La

jante est percée de mortaises ou cabinets venus à la fonte, dans lesquels les dents sont entrées solidement et retenues à l'intérieur de la couronne par des coins en bois ou en fer, ou par des goupilles.

Les fig. 6 et 7 représentent un engrenage de ce genre.

La fig. 7 *bis* est une section de l'un des bras suivant la ligne 5-6.

La dent de bois doit avoir une épaisseur plus grande que la dent de fonte qui engrène avec elle, tant à cause de sa résistance propre, que de l'usure qui se manifeste assez promptement. Son épaisseur est les 4/3 de la dent de fonte.

Dans ces dentures, on ne doit pas supposer que les dents de fonte soient brutes, car elles ne tarderaient pas à maculer celles en bois ; elles sont au moins repassées à la lime : le jeu est le même, en conséquence, que pour les engrenages taillés ; en ajoutant sa valeur à celles des dents, on a le pas par la formule suivante :

$$p'' = 2{,}37\, e'' + 1^{\text{mill.}}$$

e'' exprimant la dent de fonte, sa valeur rapportée au pas devient

$$e'' = \frac{p'' - 1}{2{,}37}$$

On peut admettre que le jeu ne soit pas entièrement ménagé, attendu que l'usure ne tarde pas, en se produisant, à *frayer* le passage des dents, et même à corriger les fautes du tracé.

L'épaisseur y' de la jante est déterminée suivant des proportions qui sont en raison de l'évidement des mortaises, et aussi de la stabilité de la dent, dont le tenon doit avoir une portée suffisante.

Nous faisons cette épaisseur :

$$y' = 2\, e + 5$$

e exprimant toujours l'épaisseur de la dent de fonte.

L'épaulement l' de chaque bout de la dent de bois sera un peu plus faible qu'on ne le fait ordinairement, car nous supposons que la dent ne doit serrer que dans le sens de son épaisseur.

$$l' = 0{,}5\, e + 5$$

La couronne en fonte qui reçoit les dents de bois doit toujours être tournée, nous dirons presque par économie de construction, vu qu'il est très-difficile de faire une denture régulière avec une roue qui n'est qu'imparfaitement ronde.

L'intérieur des cabinets doit être visité avec soin pour faire disparaître toutes les saillies ou rebarbes qui arrachent le bois et empêchent la mise en place des dents.

APPLICATION DES RÈGLES PRÉCÉDENTES.

Proposons-nous d'appliquer ces règles à la construction d'un engrenage composé de deux roues droites devant transmettre une force de 7 che-

vaux, le rapport des vitesses étant 4 : 7, et la vitesse à leurs circonférences primitives étant de 1 mètre par 1″.

On trouverait d'après toutes les données ci-dessus les valeurs suivantes, auxquelles correspond l'exemple représenté fig. 6 et 7.

Diamètre de la plus grande A.	D =	700
Diamètre de la plus petite A′.	D′ =	400
Pression sur les dents.	P =	500
Épaisseur de la dent de fonte.	e =	22
Épaisseur de la dent de bois.	e'' =	29
Nombre de dents de la roue A.	=	42
Nombre de dents de la roue A′.	=	24
Pas de l'engrenage.	p =	52$^{\text{mil.}}$ 35
Largeur de la denture (rapport $r = 5$).	l =	110$^{\text{mil.}}$
Épaisseur de la jante chaussée avec des dents de bois.	y' =	49
Épaulement de la jante de chaque bout des dents.	l' =	17
Largeur maximum des bras de la roue A.	b =	71
Épaisseur maximum id A′.	a =	18,5
Épaisseur de la fonte du moyeu de la grande roue autour de l'arbre.	E =	43
Longueur ou portée du moyeu sur l'arbre.	L =	179

On remarquera, à l'égard de cette dernière dimension, que la jante étant plus large des épaulements l', la portée du moyeu subit la même augmentation ; sa valeur s'exprime ainsi dans ce cas :

$$L = (re + 2\,l') + 0{,}1\ R.$$

Les dents sont arrêtées en place par chacune deux goupilles g que l'on enfonce de chaque bout séparément, ce qui est plus facile que de percer un seul trou traversant le tenon de part en part, qu'il serait très-difficile de faire rencontrer juste de chaque côté avec la couronne.

Les deux dents qui se trouvent en face de chaque bras ont leur tenon taillé en enfourchement, attendu que ce bras pénètre en partie dans les mortaises pour se souder à la couronne. On doit rendre le nombre des dents de bois divisible par celui des bras, car s'il en était autrement, celles qui se trouveraient en face d'une nervure ne pouvant traverser la couronne, il serait très-difficile de les ajuster, à moins que la nervure ne se terminât elle-même par un enfourchement, condition que l'on doit éviter autant que possible.

On peut, pour trouver un nombre de dents convenable, faire la recherche suivante :

Après avoir disposé en fractions les nombres qui expriment les rapports des diamètres ou des vitesses des deux roues, on multiplie les deux termes par des multiples du nombre de bras de la roue qui doit être dentée en bois, ou par ce nombre lui-même s'il est suffisant.

Ainsi, dans l'exemple qui nous occupe, les diamètres étant 700 et 400,

on forme la fraction $\frac{7}{4}$

dont les deux termes multipliés par 6 produisent $\frac{42}{24}$,

ou 42 et 24, nombres qui conviennent à ce cas-ci.

On donne aux dents de bois des formes diverses dont nous allons montrer les propriétés respectives.

La forme qui est préférable est celle des dents fig. 8 à 11, où le tenon est plus fort que la dent, de façon que celle-ci ne porte aucunement sur la couronne : elle n'est rendue fixe que par le serrage dans la mortaise. C'est aussi le système le plus commode pour l'ajustement; il suffit de chasser *à refus* un coin de bois, que l'on coupe ensuite à la dimension voulue.

On peut, avec ce système, ménager un congé au fond des dents, comme fig. 8 et 9, ou faire le flanc courbe comme fig. 10 et 11, ce qui, dans les deux cas, conserve la force du bois.

On a encore l'avantage, avec des coins de bois qui ont une très-forte épaisseur, quand on les met en place, de prendre moins de précautions pour la division des cabinets qui parfois ne sont même pas perpendiculaires au plan de la roue.

On les retient en place par des coins de bois *m*, comme fig. 8 et 9, ou des clavettes de fer *m*, comme fig. 10 et 11 ; on les fixe également avec des goupilles, ainsi que nous l'avons vu précédemment.

On fait aussi des dents, fig. 12 et 13, dont le tenon est diminué pour laisser un épaulement tout autour, et de plus un chanfrein dans les bouts pour soutenir l'épaulement qui est très-saillant, afin de lui donner de la force; ce système coûte au moins deux fois autant que le précédent et ne le vaut pas pour la résistance.

Il existe également des dents, fig. 14 et 15, dont le tenon n'est pas diminué, mais qui portent un carré s'appuyant sur la couronne.

En résumé, les dents qui portent un fort épaulement aux extrémités sont vicieuses, par la raison que, souvent en les mettant en place, l'épaulement est fendu, et s'il vient à se détacher pendant la marche de la roue, il en peut résulter un accident analogue à ce qui est arrivé dans une usine des environs de Paris, laquelle a été obligée de s'arrêter pendant plusieurs jours, par le simple fait d'un épaulement qui, s'étant détaché, est resté entre deux dents, de façon que n'ayant pas pu engrener, les roues ont repoussé les paliers et faussé les arbres.

Nous terminerons la construction des engrenages par une note et un tracé relatifs aux engrenages à chaînes, et par la théorie complète des engrenages d'angle; nous donnerons également des tracés de ces utiles organes dans lesquels sont compris les engrenages à vis sans fin.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

PROPORTIONS DES ENGRENAGES

CRÉMAILLÈRES, ROUES A CHAINE ET ROUES D'ANGLE,

Par M. ARMENGAUD, aîné,
INGÉNIEUR A PARIS.

(PLANCHE 17.)

(*Suite.*)

Nous avons exposé, dans notre précédent article, la théorie complète des engrenages en général, et les applications des règles pratiques, pour le calcul de leurs dimensions, à la construction et au tracé de diverses roues *droites.*

Avant de donner des exemples de l'établissement d'une transmission par roues d'angle, nous dirons quelques mots sur les engrenages à crémaillère et à chaîne, qui, transmettant le mouvement à des axes placés parallèlement entre eux, constituent aussi des engrenages droits.

ENGRENAGES A CRÉMAILLÈRE.

On sait qu'une crémaillère est une barre en métal, parfaitement rectiligne, et armée de dents ayant la forme ordinaire de celles des roues. Elle engrène avec un pignon ou une roue dentée d'un diamètre quelconque. Le résultat obtenu par ces organes est la transformation d'un mouvement rectiligne en un autre circulaire ou réciproquement : il arrive en effet que la crémaillère commande le pignon, *et vice versâ* (1).

(1) Le plus généralement les crémaillères sont droites, c'est pourquoi leur marche est rectiligne. Mais il est des cas particuliers cependant où on leur donne une forme circulaire; elles deviennent alors des portions de roues, qui au lieu d'avoir un mouvement de rotation continu, ont au contraire un mouvement circulaire alternatif.

Les mouvements opérés peuvent cependant différer sous de certains rapports, et être définis ou classés de la manière suivante :

1° Le pignon étant monté sur un arbre fixe, tournant seulement sur lui-même, commande une crémaillère à laquelle il communique un mouvement de translation rectiligne ;

2° Les pièces conservant la même disposition, c'est la crémaillère qui commande le pignon en opérant son mouvement de translation ; ce mouvement lui est donné par un mécanisme à part ;

3° La crémaillère peut être fixe, et l'arbre du pignon opérer un mouvement de translation, tout en conservant celui de rotation produit par l'engrenage ; l'arbre appartient dans ce cas à un mécanisme indépendant de la crémaillère.

Dans toutes les circonstances ci-dessus, le tracé des dents aura toujours lieu de la même façon : la courbure des dents doit être une cycloïde, et celle du pignon une développante de cercle. Comme, en définitive, ce tracé a beaucoup d'analogie avec celui des engrenages ordinaires, et qu'en outre il a été décrit très-complétement dans notre *Cours de dessin industriel* (1), nous ne croyons pas utile d'insister davantage sur ce sujet.

La vitesse linéaire à la circonférence du pignon est correspondante à celle du mouvement de translation de la crémaillère : cette loi peut servir d'énoncé à un problème susceptible de plusieurs solutions.

1er CAS. — Soit proposé de communiquer à une crémaillère une vitesse rectiligne V par seconde, au moyen d'un pignon dont le nombre de tours est N par minute : quel doit être le diamètre D de ce pignon ?

RÈGLE. — Multipliez la vitesse V exprimée en mètres par 60, pour avoir l'espace parcouru par 1′, et divisez par le produit du nombre N et de $\pi = 3{,}1416$ le rapport de la circonférence au diamètre ; ce qui peut se mettre sous la forme de

$$D = \frac{V \times 60}{N \times 3{,}1416}$$

Soient, par exemple, $V = 0^m35$

et $N = 30$;

on aurait, $$D = \frac{V \times 60}{N \times \pi}$$

d'où $$D = \frac{0^m35 \times 60}{30 \times 3{,}1416} = 0^m223$$

Cette formule est absolument la même que celle donnée précédemment

(1) *Cours raisonné de dessin appliqué à l'architecture et à la mécanique*, par MM. Armengaud frères et Amouroux.

(page 173) pour trouver la vitesse à la circonférence des cercles en mouvement.

2e CAS. — Si l'on voulait déterminer le nombre de tours par minute du pignon donné, lorsqu'on connaît son diamètre, et la vitesse V, de la crémaillère avec laquelle il engrène, la formule prendrait la forme :

$$N = \frac{V \times 60}{D \times 3,1416}$$

ou, en faisant l'espace parcouru $E = V \times 60$

$$N = \frac{E}{D \times 3,1416}$$

Ce qui revient à diviser l'espace parcouru par minute, par la circonférence primitive du pignon.

On aurait donc avec l'exemple précédent, en faisant $D = 0^m 223$:

$$N = \frac{0,35 \times 60}{0,223 \times 3,1416} = 30 \text{ révolutions}$$

Soient encore $E = 1^m 50.$

et $D = 0^m 12.$

On a $N = \frac{1,50}{0,12 \times 3,1416} = 3,97$

Ce calcul représente également le cas où l'arbre du pignon serait mobile, et la crémaillère fixe.

Il est, du reste, évident qu'une crémaillère n'ayant pas une longueur indéfinie, ses mouvements et ceux du pignon ne peuvent être qu'alternatifs.

Les proportions des dentures de crémaillères et le calcul des efforts qu'elles doivent produire sont tout à fait identiques à ce qui a été dit jusqu'à présent sur les engrenages circulaires droits.

ENGRENAGES A CHAINE, FIG. 1 A 3.

On emploie l'engrenage à chaîne pour transmettre le mouvement à deux axes, assez éloignés l'un de l'autre pour ne pas pouvoir être commandés directement par une paire de roues simples, qui deviendraient d'une dimension embarrassante ; c'est aussi dans le cas de petites vitesses, où des courroies ne pourraient être appliquées, en raison du glissement qui serait à craindre.

Les axes à commander portent chacun un pignon A (fig. 1 et 2, pl. 17),

dont la denture correspond à une chaîne sans fin B, dite chaîne de Galle (1), qui réunit les pignons de la même façon qu'une courroie.

Les fuseaux ou goujons *b* de la chaîne sont tournés cylindriquement; leurs centres sont placés précisément sur le cercle primitif du pignon et sur sa tangente CD, analogue à la ligne primitive d'une crémaillère.

Le tracé graphique consiste d'abord à diviser le cercle primitif du pignon en autant de parties qu'il doit avoir de dents; puis on porte la division, ou le *pas*, *ef*, sur la ligne primitive CE de la chaîne : ces parties indiquent les centres des fuseaux *b*, et leur subdivision en deux, sur le cercle du pignon, donne le milieu de chaque dent.

La courbure des dents est une courbe parallèle à la développante du cercle *cd*, qui serait, en effet, décrite par l'un des fuseaux *b*, si le pignon était fixe, et si on faisait tourner la ligne CD autour du cercle primitif. La courbe parallèle est tracée suivant une ligne tangente à des cercles décrits avec le rayon du fuseau, de divers points pris sur la développante. On forme le fond de la denture par un demi-cercle d'un diamètre égal à celui des fuseaux, augmenté du jeu nécessaire, lequel est environ de 1/10ᵉ.

Le diamètre des fuseaux n'est pas la moitié, mais seulement les 2/5ᵉ du pas, d'abord en raison de la résistance du fer comparée à celle de la fonte, et puis pour diminuer autant que possible le poids de la chaîne, dont les maillons *a* doivent être d'une force relative au diamètre des fuseaux.

La fig. 3 représente à une échelle double des fig. 1 et 2 l'assemblage de l'un des fuseaux *b* avec les chaînons *a* ; les extrémités du fuseau sont diminuées de diamètre pour former tourillons, et se terminent par une tête rivée qui laisse assez de liberté aux fuseaux pour que chacun d'eux puisse pivoter sur lui-même.

On conçoit aisément qu'on n'a pas, dans la construction d'un tel système, le même intérêt à élargir la denture de la roue du pignon, que dans les engrenages ordinaires : car les fuseaux agissant comme solides encastrés par leurs extrémités, leur diamètre doit être, à résistance égale, augmenté en même temps que la longueur. En général on ne dépasse pas le rapport 3 pour les faibles efforts, et 2 à 2 1/2 pour les plus fortes charges.

L'emploi des engrenages à chaîne est le plus généralement limité aux efforts peu considérables et aux mouvements lents, qui ne sont pas susceptibles de secousses. Lorsqu'elles ne sont pas bien proportionnées, les chaînes s'allongent en raison du nombre d'assemblages, qui finissent, en s'usant, par prendre du jeu : et alors, si les axes tournent trop vite, on éprouve des chocs; parfois même il arrive que les maillons se brisent ou sortent de la denture.

Nous pouvons néanmoins citer des exemples très-remarquables d'appli-

(1) Les chaînes de Galle sont beaucoup plus fortes, plus résistantes que les chaînes dites à la Vaucanson ; elles peuvent s'établir sur des dimensions très-considérables, en multipliant les maillons et en leur donnant l'épaisseur nécessaire.

cations de l'engrenage à chaîne dans des proportions importantes. Ainsi, dans l'étirage des tuyaux de plomb ou de cuivre, par l'ancien procédé, on a employé des machines à étirer, à chaînes résistant à des efforts de 10 à 12 chevaux et plus, mais aussi marchant à des vitesses très-faibles. Dans le fameux *Great-Britain* (bateau anglais de 1,000 chevaux), le mouvement de l'appareil moteur à l'hélice était transmis par une paire de roues à chaînes dont les maillons en fer carré présentent, réunis l'un près de l'autre, une largeur de près d'un mètre.

Sur la machine locomotive dite *la Bavaria*, qui a été essayée pour la rampe du Semmering, en Autriche, le constructeur a aussi appliqué un engrenage à chaîne pour rendre toutes les roues de la locomotive et celles du tender solidaires, et, par suite, les obliger à devenir toutes adhérentes sur les rails.

Dans le concours organisé pour la comparaison des différents systèmes de locomotives de montagnes proposées pour le Semmering, *la Bavaria* avait donné des résultats supérieurs aux autres locomotives.

Ce résultat ne devait être attribué qu'aux chaînes qui reliaient les divers essieux, aussi se décida-t-on de suite à faire une série d'expériences sur la bonté et la durée de ces chaînes, ce qui eut lieu dans les premiers mois de l'année 1852.

Ces expériences nombreuses, faites avec un soin minutieux, eurent pour résultat de faire renoncer entièrement à l'usage des chaînes, pour accoupler les essieux des locomotives.

En effet, dans le cours des essais, la chaîne se rompit très-fréquemment, soit par suite de la perte des écrous, soit à cause de l'usure rapide ou de la rupture des boulons, quoique ceux-ci fussent en bon acier. Il était extrêmement difficile d'entretenir les boulons suffisamment graissés, et par suite d'en prévenir le grippage.

Le plus grand nombre des accidents provenait de ce que les chaînes, par suite des mouvements de tangage et de lacet de la locomotive et des inégalités de la voie, acquéraient, après un moment de marche, un balancement latéral très-prononcé, et finissaient par monter sur les dents des roues au lieu d'engrener. L'excès de tension causé par cet accident les faisait rompre ou allonger d'une manière fâcheuse.

Cet effet se produisait surtout lorsque la machine marchait en avant, et que par suite la chaîne qui la réunissait au tender était tendue par-dessus les roues et détendue par-dessous, la partie détendue et oscillante se trouvant alors plus longue que quand la machine marchait en arrière.

Dans ce dernier cas, la partie supérieure seule de la chaîne se trouvait détendue, et elle enveloppait une plus grande partie de la circonférence des roues dentées ; la longueur de la partie détendue devenait d'autant moindre et le balancement moins considérable.

ENGRENAGES D'ANGLE, FIG. 4 A 6.

Lorsque deux axes, quoique situés dans un même plan, ne sont pas parallèles entre eux, on emploie pour les commander des engrenages qui prennent le nom de *roues d'angle* ou *coniques*.

Que les deux axes forment ou non un angle droit, le principe du tracé et de la construction de ces engrenages est absolument le même.

Les lois du rapport des vitesses et de la résistance, sont aussi les mêmes que pour les engrenages droits.

PRINCIPE DU TRACÉ. — Soient AB et CD (fig. 4) les directions des deux axes qui doivent se commander par une paire de roues d'angle; les couronnes des engrenages sont deux troncs de cônes ESF et ESG qui ont une génératrice commune ES, et un sommet commun S, correspondant à celui de l'angle formé par les axes AB et CD. Le rapport entre les diamètres des deux bases EF et EG, tirés d'un même point E, sur la génératrice commune SE, est égal à celui des vitesses réciproques de ces axes.

Il faut alors, pour établir l'engrenage de deux roues d'angle, connaître non-seulement les diamètres de leurs cercles primitifs, mais encore la véritable direction de leurs axes, et chercher tout d'abord la position exacte de ces cercles sur ceux-ci, pour ensuite tracer la forme géométrique de leurs dents. Rappelons en peu de mots comment on procède à cet égard.

PROCÉDÉ GRAPHIQUE. — Après avoir indiqué la position des deux axes donnés AB et CD (que nous supposons ici à angle droit, comme étant le cas le plus général, mais qui pourraient faire entre eux un tout autre angle, pourvu qu'ils soient dans un même plan et se rencontrent en un point S), on mène les droites HE et IE parallèles à ces axes, et aux distances R et *r* égales aux rayons donnés (0^m40 et 0^m20) des roues. Par leur point de rencontre E, on élève EF et EG, perpendiculaires aux mêmes axes, et on reporte le rayon R de H en F, et celui *r* de I en G. Si on joint alors les points E, F et G au sommet S, on obtient les *cônes primitifs* des deux roues; et les circonférences des bases EF et EG deviennent leurs *cercles primitifs*.

Les dents dont ces cônes doivent être armés pour constituer l'engrenage occupent, par rapport aux cercles primitifs, la même position que dans les engrenages droits : mais les flancs et la courbure concourent au sommet S, et leurs deux bouts appartiennent aux surfaces de deux cônes dont les génératrices sont perpendiculaires à celles des cônes primitifs. Par conséquent, ayant porté la largeur E*e* des dents sur ES à partir de E, on mènera, perpendiculaires à ES, les droites *s* E E′ et *s*′ *e* S′, qui seront les génératrices de ces cônes comprenant le profil des dents, à l'extérieur et à l'intérieur de la couronne ou de la jante proprement dite.

Ces cônes, que l'on pourrait appeler *complémentaires,* se trouvent donc

indiqués, pour la grande roue, par les bases EF et *ef*, et les génératrices EE′, FF′, dont la rencontre donnerait le sommet; et celles *e*S′, S′*f*, dont le sommet est S′. On trouve de même pour le pignon, les cônes EG*s*. et *egs*′.

On voit par cette disposition que lorsque l'engrènement a lieu, le contact intime de deux dents consécutives est situé sur la ligne *s*EE′, comprenant deux des génératrices des cônes complémentaires FF′, E′E et EG*s*; on considère alors le développement des surfaces de ces deux cônes comme étant les cercles primitifs de deux roues droites dont on voudrait obtenir la denture (1).

En conséquence, comme la figure du développement d'un cône est un secteur-plan ayant pour rayon la génératrice du cône, on mène parallèlement à *s*E une droite *o*O (fig. 5) sur laquelle on trace, tangents à SE prolongée, les cercles *abc* et *dbc*′, dont les rayons sont précisément égaux aux génératrices *s*E et EE′. Celle-ci doit être, comme la précédente, supposée prolongée jusqu'au sommet du cône, lequel n'a pu, faute de place sur la planche, être indiqué sur la gravure fig. 4.

On doit donc opérer le tracé exactement comme il a été dit pour les roues droites, quant aux épycloïdes à décrire; et de même pour la forme et pour la longueur des dents, dont l'épaisseur est d'ailleurs calculée d'après les principes ordinaires, selon les nombres qui sont en rapport avec les diamètres primitifs EF et EG.

On trace également (fig. 5) le cercle marquant l'épaisseur de la jante de la roue à denture de bois.

On projette ensuite parallèlement à ES, les points *j*, *l*, *m* en *j*′, *l*′, *m*′, et tirant de ces points des lignes qui convergent au sommet S des cônes primitifs, on complète la configuration exacte de la denture, dans le sens des génératrices .La forme, comme on le voit, n'est autre qu'un trapèze pour la dent de la roue, comme pour celle du pignon, au lieu d'être un rectangle comme dans les roues droites.

La fig. 5 *bis* indique le tracé correspondant à la forme et à la dimension minimum des dents, à l'intérieur de la jante.

On a remarqué que sur la fig. 4 la grande roue est représentée en section verticale faite par le plan même des deux axes AB et CD; et le pignon est dessiné moitié en section correspondante, et moitié en vue extérieure.

La fig. 6 est une vue de face du même pignon, avec les cercles primitifs divisés qui ont servi à montrer le pas et le nombre des dents. Il était inutile de représenter la vue correspondante de la roue qui eût été analogue.

En pratique, la section verticale et le tracé auxiliaire (fig. 5) sont seuls

(1) Dans l'origine, la plus grande partie des auteurs qui ont traité théoriquement des engrenages, indiquaient le tracé des épicycloïdes sphériques comme constituant la forme rigoureuse de la denture des roues d'angle; mais ces tracés sont d'une exécution longue et difficile, comme on peut s'en convaincre par l'ouvrage de Hachette. M. Poncelet a singulièrement simplifié le travail à ce sujet, en ramenant, comme nous l'indiquons ici, toute l'épure au tracé d'épicycloïdes planes.

nécessaires; les projections extérieures des dents demandant un temps très-long pour s'obtenir convenablement, on ne les trace pas, d'autant plus qu'elles ne donnent pas les dimensions rigoureuses : il suffit d'indiquer les cercles primitifs avec la division des dents, et la couronne extérieure, le moyeu et les bras dont on a montré une section transversale comme sur la fig. 4 *bis*.

Nous avons publié dans les vol. II et III de ce Recueil les machines à diviser et à tailler les dentures en bois et en métal de toute espèce d'engrenages comme de leurs modèles; ces appareils, quoique dispendieux, sont appelés à rendre de grands services, surtout dans les ateliers de constructions qui doivent exécuter des transmissions de mouvement.

CONSTRUCTION PRATIQUE. — Les roues dont la denture est entièrement en fonte n'offrent rien de bien particulier quant à leur construction. On remarquera pourtant que les croisillons, ou la partie pleine qui les remplace quand le diamètre ne permet pas de mettre des bras (comme dans le pignon indiqué fig. 4), ne peuvent pas être placés au milieu de la largeur de la couronne comme on le fait généralement pour les roues droites; on est obligé de les reporter à l'intérieur du côté le plus petit en diamètre, à cause du moulage de la pièce; les nervures se trouvent alors entièrement d'un seul côté à l'extérieur, afin de relier intimement le moyeu à la jante. On sait, en effet, que le moulage en sable exige, pour la sortie du modèle en bois du moule proprement dit, que la pièce ne présente dans le sens perpendiculaire à l'ouverture de ce moule aucun angle rentrant ou aigu; et c'est ce qui arriverait par la forme conique de la jante, si les croisillons étaient placés vers le milieu de la largeur.

Les roues d'angle à dents de bois (comme celle fig. 4), ont leur jante percée de cabinets ou mortaises qui au lieu d'être rectangulaires, comme dans les roues droites, sont trapézoïdales selon la forme même de la denture. La place du croisillon est déterminée d'après les mêmes considérations que ci-dessus, et elle doit aussi être choisie en raison du plus ou moins de conicité de la jante pour, autant que possible, ne pas gêner l'ajustement des queues ou des tenons qui traversent celle-ci dans toute son épaisseur et la dépassent même d'une certaine quantité, afin qu'on puisse y chasser les goupilles *n* qui les empêchent de sortir.

On voit par la figure que le plan des croisillons se trouve dans l'épaisseur du champ intérieur de la jante; la dépouille est ménagée en dedans pour favoriser la sortie du sable du côté opposé aux nervures. Si les croisillons avaient au contraire leur surface extérieure affleurante à l'arête intérieure du champ, c'est-à-dire entièrement pris sur la surface intérieure de la couronne, la dépouille devrait être en sens contraire, de façon que le sable contenu entre les bras pendant le moulage fît corps avec celui qui se trouve entre les nervures.

La première des deux conditions, qui est celle que nous avons adoptée dans notre exemple, a cela d'avantageux qu'elle laisse libre l'intérieur de

la couronne pour le passage des tenons des dents, surtout quand cette couronne est d'un angle très-ouvert, ce qui a pour effet de faire occuper plus de place à l'épaisseur du croisillon.

Dans l'un ou dans l'autre cas, les dents qui se trouvent en face d'un bras doivent être goupillées d'un seul côté au moyen d'une broche qui traverse le tenon de part en part ; il est évident qu'il n'en peut être autrement, à moins de percer le bras lui-même, ce qui doit s'éviter autant que possible; comme aussi on doit rendre le nombre de dents divisible par celui des bras, afin de ne pas se rencontrer dans les nervures.

On peut résumer par quelques remarques particulières l'emploi des engrenages d'angle ou coniques :

1° On ne peut pas faire varier à volonté le diamètre de l'une des roues dans un engrenage conique, sans changer l'autre en même temps, non seulement à cause de l'angle même de leurs axes, mais encore à cause de la position rigoureuse qu'elles doivent occuper sur ceux-ci, position entièrement dépendante de leurs diamètres respectifs.

Une même roue d'angle ne peut donc commander plusieurs pignons à la fois qu'à la condition expresse qu'ils seront tous exactement de même diamètre entre eux;

2° Quand une roue en commande deux autres dont les axes sont situés sur une même ligne droite, ces axes tournent en sens contraire l'un de l'autre.

Cette propriété est souvent mise à profit pour obtenir des mouvements de va-et-vient, comme dans les machines à raboter, par exemple (voir vol. III, pl. 13).

3° On doit observer dans la pose des roues d'angle une grande exactitude, et rendre les axes aussi rigides que possible : attendu que la forme des dents en coins nécessite qu'elles soient parfaitement à la place qui leur a été assignée par le tracé; car si elles se déplacent elles se serrent dans les creux, et empêchent le mouvement, ou du moins, augmentent le frottement d'une quantité très-nuisible;

4° Enfin comme les roues d'angle sont plus difficiles à exécuter que les roues droites, et qu'elles ont en outre l'inconvénient d'exercer des pressions latérales qui tendent à faire glisser leurs axes et qui par cela même occasionnent des frottements inutiles sur les embases et les coussinets, on doit autant qu'il est possible, lorsque la disposition des machines le permet, chercher à leur substituer des engrenages droits qui sont moins coûteux, plus faciles à appliquer et n'ont pas ces inconvénients.

Calcul de la résistance. — Les dents d'un engrenage conique se calculent de la même manière que celles des engrenages droits, quoique tous les points de la dent ne soient pas à la même distance de l'axe de la roue; attendu que l'excès de force qu'il est d'usage d'admettre en pratique compense largement les différences qui pourraient exister dans la résistance.

Il paraîtrait assez naturel de chercher l'épaisseur des dents vers le milieu de leur largeur, c'est-à-dire sur le milieu de E e (fig. 4) : mais il est toujours plus facile de calculer une roue d'après son plus grand diamètre, exprimant à peu près sa dimension maximum ; c'est en effet sur ce diamètre que l'on compte, le plus généralement, pour faire la division des dents, et calculer leur épaisseur. On peut du reste employer l'une ou l'autre méthode sans éprouver des différences sensibles, car on est toujours obligé de s'écarter un peu de l'épaisseur rigoureuse des dents, pour mettre leur nombre en rapport avec les vitesses et avec le nombre des bras, surtout pour les roues à denture de bois.

Application. — Proposons-nous de déterminer les dimensions d'une paire de roues qui doit transmettre, à deux axes AB et CD (fig. 4), une force de 7 chevaux ;

$$\text{ou } 7 \times 75 = 525 \text{ kilogrammètres,}$$

dans le rapport de vitesse de 1 à 2, la plus grande, à denture de bois, faisant 20 tours par minute, et ayant $0^m 800$ de diamètre au cercle primitif.

On aurait, d'après les règles exposées précédemment :

$$0^m 800 : x :: 2 : 1$$

$$\text{D'où le diamètre du pignon } = 0^m 400 \text{ mill.}$$

$$\text{et } 0^m 800 : 0^m 400 :: x : 20$$

$$\text{D'où le nombre de tours dudit pignon } x = 40$$

Par suite la vitesse commune à la circonférence de deux roues est :

$$V = \frac{0,80 \times 3,14 \times 20}{60} = 0^m 837$$

Nous trouvons à l'aide du tableau donné page 181, que la pression P correspondante à la force de 7 chevaux et à la vitesse de $0^m 837$ est entre 636 et 617,

soit à peu près 640 kilog.

En adoptant le rapport r entre la largeur et l'épaisseur de la dent (p. 182) égal à 5, on trouve de même dans la colonne correspondante du tableau (p. 184) en regard du nombre 650 le plus approché de celui 640, pour l'épaisseur cherchée,

$$e = 24^{\text{mill.}}9, \text{ soit } 25 \text{ millim.}$$

Comme les dents de bois doivent avoir un tiers de plus d'épaisseur,

$$\text{soit } 25 + 8 = 33 \text{ millim.}$$

on divise la circonférence de la grande roue

$$\text{par } 25 + 33 = 58,$$

et le quotient 43 indique le véritable nombre de dents. Mais celui qu'il convient d'adopter est évidemment 42 comme étant à la fois divisible par le rapport 2 des vitesses, et par le nombre 6 des bras.

On a en définitive :

$$\text{Pour le pas,} \quad p'' = \frac{800 \times \pi}{42} = 59^{\text{mill}}.83$$

$$\text{Épaisseur de la dent de fonte } e = 25^{\text{mill.}}$$
$$\text{id. de la dent de bois } e'' = 33$$
$$\text{En laissant un jeu entre les dents de } 1^{\text{mill}}.83$$

Ce jeu pourrait paraître trop considérable pour des dentures très-bien faites, divisées à la machine, mais il convient pour celles qui ne sont taillées qu'à la main, parce qu'alors on ne peut avoir toute la précision que permet de réaliser la plate-forme.

Toutes les autres dimensions se déterminent ainsi qu'il a été dit pour les roues droites, à dentures de fonte sur bois.

ENGRENAGES CONIQUES DE GRANDES DIMENSIONS, FIG. 7 A 10.

Quand une roue dépasse les dimensions possibles pour le moulage, ou la facilité du transport, on peut la construire d'une manière analogue à celle représentée par les figures 7 à 10, où la jante est en plusieurs parties et indépendante du croisillon.

Les portions de jantes J sont réunies par des oreilles rectangulaires *a* (fig. 9 et 10), qui sont évidées du côté du contact pour n'avoir que des parties étroites à l'ajustement ; elles sont fixées par un ou plusieurs boulons à écrous *c*, de diamètres proportionnels aux dimensions de la denture, afin qu'ils puissent, par leur section réunie, offrir à chaque assemblage, au moins la même résistance qu'une dent.

L'évidement des oreilles *a* présente aussi cette particularité qu'il sert à former l'un des cabinets *j*, dans lesquels s'ajustent de force les dents de bois ; une ouverture *f* ménagée préalablement sert à passer les goupilles en fer *n*.

Dans un tel cas, on voit qu'il est encore nécessaire de mettre le nombre des dents en rapport avec celui des portions de jantes.

La couronne ainsi formée, le croisillon B vient s'y assembler au moyen de pattes à oreilles *b* fondues avec elle et portant des encastrements dans lesquels l'extrémité de chaque bras vient s'y ajuster et s'y assujétir par des boulons à écrou *d*.

Avec une construction ainsi entendue, la roue d'engrenage présente au-

tant de solidité que si elle était d'une seule pièce, surtout si on a le soin de faire les ajustements sans aucun jeu, et sans le moindre gauche.

ENGRENAGES A DENTURE HÉLIÇOIDALE, FIG. 11 A 12.

Dans quelques machines, celles qui appartiennent à la filature entre autres, on a besoin de commander des axes qui se trouvent placés dans deux plans différents, et formant entre eux un certain angle. Ces axes n'ayant jamais qu'un faible effort à transmettre, on peut les commander par deux pignons semblables à ceux représentés sur les figures 11 et 12, et dont la denture est construite d'après le principe de l'hélice ou des vis à plusieurs filets. On ne pourrait pas en effet transmettre un effort un peu considérable, avec ces engrenages, à cause de la décomposition de force résultant de l'obliquité de la denture, et qui viendrait agir sur les axes et les fausser.

Supposons les axes AB et CD, formant l'angle ASD (fig. 12), et projetés l'un en O et l'autre en C′D′ (fig. 11), et proposons-nous d'y construire les deux pignons P et P′, avec l'inclinaison de leurs dentures, en admettant que les deux axes tournent tous deux à la même vitesse.

Ces deux pignons auront d'abord chacun le même rayon, égal à O′E moitié de la plus courte distance entre les axes AB et CD, laquelle est facile à déterminer, les deux axes AB et CD étant (fig. 12) compris dans deux plans parallèles au plan vertical et normal de projection, et qui, par conséquent, sont perpendiculaires au même plan (fig. 11). Cette plus courte distance est donc en définitive la perpendiculaire O*s*′ à ces plans.

L'obliquité de la denture est la même pour les deux pignons, et correspondante à la bisectrice MN de l'angle ASD.

La construction graphique devient alors assez facile à déduire de ces données. On commence par déterminer la forme générale des pignons, suivant la position exacte de leurs axes respectifs, ainsi qu'on le voit sur la fig. 12, dans laquelle l'un d'eux, celui P qui est en avant, est représenté en coupe verticale, et par suite, en raison de sa verticalité, projeté en vraie grandeur sur la fig. 11. Le second P′, qui est oblique par rapport au plan horizontal de projection, est représenté par un cylindre dont les bases sont projetées suivant des ellipses, telle que celle F″EG, correspondante à son cercle primitif.

La denture du pignon P ayant été déterminée par les procédés ordinaires, sur la vue fig. 11, en raison de sa position symétrique avec les plans de projection, pour obtenir la projection des dents de celui P′, on trace le rabattement *fhg*, sur lequel on reproduit le tracé de la denture en ayant soin de tenir compte, par un tracé double en lignes ponctuées ou en lignes de couleur, de la situation des bouts de la dent sur les deux faces parallèles du pignon, selon l'obliquité mesurée par la ligne MN.

On devra opérer la projection de ce tracé sur chaque face correspon-

dante du pignon, ainsi qu'il a été indiqué pour une dent, dont l'un des bouts *ace* se projette en *bdi*, et l'autre *jlm* en *kno* : joignant ces points par des courbes peu sensibles, de la nature d'hélices très-allongées, on aura la représentation approchée, mais suffisante, du champ de la denture du pignon. Il est évident que s'il était nécessaire de faire un tracé très-rigoureux, ce qui est rare en pareil cas, on devrait supposer plusieurs sections dans l'épaisseur du pignon, parallèles à *fg*, pour lesquelles on ferait des rabattements spéciaux semblables au précédent.

La projection oblique du même pignon (fig. 11) se ferait en traçant pour chaque face les ellipses représentant les cercles du bout et du fond des dents; et après avoir projeté la division sur le cercle primitif, toujours d'après la fig. 12, on joindrait ces points avec le centre, comme O′*p*, et J*q* : les flancs ainsi obtenus, il reste la courbure, qui se déduit facilement de la fig. 12, en projetant seulement les points appartenant à l'extrémité des courbes, sur l'ellipse qui représente le cercle correspondant.

Le contact et l'obliquité des dents ayant lieu suivant MN, il est évident que leur section réelle de résistance est dans le sens de la perpendiculaire QR; cette section étant évidemment inférieure comme dimension à celle que l'on trouve sur chaque face du pignon, on doit tenir compte de cette particularité, afin de ne pas faire les dents trop minces.

On voit que si les pignons sont du même diamètre, l'engrenage se trouve formé de deux pièces tout à fait identiques.

On peut encore comparer un pignon de cette nature à une portion de vis ayant un pas extrêmement allongé, et autant de filets qu'il porte de dents.

ENGRENAGE A VIS SANS FIN, FIG. 13 A 15.

La construction de ce genre d'engrenage repose sur le même principe que les précédents; ils commandent également des axes dans une position analogue, mais, le plus généralement, les axes forment entre eux un angle droit.

L'engrenage à vis sans fin se compose d'une vis V, dont l'axe est monté dans des collets fixes, et dont les filets, qui ont le même profil qu'une dent de crémaillère, engrènent avec un pignon P dont les dents ont la même inclinaison que le filet de la vis V. Les axes AB et O′, ou CD (fig. 14) de la vis et du pignon, sont perpendiculaires l'un à l'autre, et situés dans des plans différents.

Pour faire le tracé, on doit supposer que la vis et le pignon sont coupés par un même plan 1-2, fig. 14, comme la partie en coupe, fig. 13, et déterminer la forme des dents de la même manière que pour un pignon engrenant avec une crémaillère; les sections du filet aux points de contact se présentent en effet sur une ligne droite tangente au cercle primitif GHI du pignon.

Ainsi après avoir indiqué le pas *ab* de la vis, qui doit diviser exactement la circonférence du pignon, et tiré la droite EF, considérée comme étant la ligne primitive de contact d'une crémaillère, on donne aux dents le même profil que pour un engrenage de cette nature, c'est-à-dire une développante du cercle pour la dent du pignon et une cycloïde tracée avec la circonférence du diamètre HO′ pour celle de la vis.

On trace ensuite des hélices passant par les points du fond et de l'extrémité du profil de ces dernières dents avec le même pas *ab*, et d'après le diamètre des cylindres auxquels ils appartiennent. Puis on donne aux dents du pignon la même inclinaison que le filet de la vis, inclinaison que l'on obtient facilement au moyen d'un triangle rectangle, ayant pour base la circonférence du cylindre primitif EFJL, et pour hauteur perpendiculaire le pas *ab*, l'hypoténuse de ce rectangle donne précisément par rapport à la base, l'inclinaison cherchée.

Le pignon P est comparable, comme dans l'exemple (fig. 11 et 12), à une vis à autant de filets qu'il porte de dents, et dont le pas est très-allongé. D'après cette considération, il pourrait être intéressant, dans certains cas, de connaître la valeur de ce pas, en supposant, par exemple, qu'on voulût exécuter cette pièce avec une machine à fileter. On peut résoudre le problème par le raisonnement suivant.

Puisque l'inclinaison du filet de la vis peut être représentée par un triangle rectangle ayant sa circonférence pour base, et le pas pour hauteur perpendiculaire, cette inclinaison, rapportée au pignon, est représentée par un triangle semblable, mais dont la base homologue est égale au pas cherché, et la hauteur perpendiculaire, à la circonférence du pignon.

Représentant par p le pas de la vis,
— — c sa circonférence primitive,
— — C circonférence primitive du pignon,
— — p' le pas cherché,

on a

$$\frac{c}{p} = \frac{p'}{C} \quad \text{d'où } p' = \frac{C \times c}{p}$$

Mais en examinant par quelles valeurs cette formule est exprimée, on voit que diviser par p le pas de la vis ou du pignon, c'est justement la même chose que de diviser par $\frac{c}{n}$, c'est-à-dire la circonférence du pignon divisée par le nombre de dents; ce qui revient à

$$p' = C \times c \div \frac{C}{n}$$

ou en définitive :

$$p' = c \times n.$$

C'est donc simplement la circonférence primitive de la vis multipliée par le nombre de dents du pignon.

Si on voulait savoir, d'après cela, à quel pas correspond l'inclinaison des dents du pignon P, de l'exemple (fig. 13), dont les données sont :

Diamètre primitif EJ de la vis............. = 22 mill.
Circonférence correspondante............ = 69,1
Nombre de dents du pignon.............. = 30

On trouverait :

$$p' = 69,1 \times 30 = 2^{m}073$$

pour le pas des dents.

Lorsque la vis est à simple filet, le rapport de vitesse rotative entre la vis et le pignon est égal au nombre de dents du pignon, puisque chaque tour de la vis ne fait avancer la circonférence du pignon que d'une dent.

Mais si la vis était à plusieurs filets, le rapport serait divisé par leur nombre.

Dans notre exemple, ce rapport est 30 : c'est-à-dire qu'il faut 30 tours de l'axe qui porte la vis pour 1 de celui du pignon.

Si la vis était à 2 filets, le rapport serait 15 ; avec 3 il deviendrait 10, etc.

L'engrenage à vis sans fin est donc très-utile pour transmettre des vitesses de rotation avec de grands rapports, à la condition, toutefois, que l'effort ne soit pas considérable, en raison du peu de surface de dents en contact, et de la décomposition de la force occasionnée par la direction inclinée de ces dents (1).

Le plus généralement cet engrenage est établi pour que ce soit la vis qui commande et non le pignon ; ce qui serait du reste impossible dans de certains cas, où l'inclinaison du filet est faible, comme dans notre exemple. Dans les rares circonstances où le contraire arrive, la vis est nécessairement à plusieurs filets, afin de former une rampe très-sensible ; telle est la disposition qui a été appliquée dans les ventilateurs de forges volantes et dans quelques autres cas où l'on a besoin de transmettre une grande vitesse sans intermédiaire.

On rend quelquefois la denture des pignons creuse, comme l'indique la fig. 15, afin de suivre la circonférence de la vis et de l'embrasser ainsi sur une plus grande étendue. Nos souscripteurs ont pu voir l'application de ce système dans la belle et importante machine à mortaiser, de M. Cavé, que

(1) Nous avons eu l'occasion d'observer que des mécaniciens s'étaient étrangement trompés en appliquant un tel mode d'engrenage pour transmettre de grands efforts, parce qu'ils prétendaient, à cause de la très-faible vitesse à laquelle ils réduisaient les pignons, obtenir une puissance considérable. Cela est vrai en théorie, mais ce n'est pas toujours praticable dans les machines, parce que l'usure par le frottement existant sur peu de surface, est toujours considérable et par suite extrêmement rapide.

nous avons publiée vers la fin du IIe vol. de ce Recueil. Il est évidemment préférable au précédent, parce qu'il offre plus de surface de contact, et par suite plus de résistance et moins d'usure, mais il est aussi plus difficile à exécuter.

APPENDICE

POUR LE CALCUL DES ENGRENAGES EN GÉNÉRAL.

Pour terminer la construction des engrenages, nous croyons qu'on ne verra pas sans quelque intérêt la méthode suivante d'estimer la résistance des dents d'une manière simple et essentiellement pratique et pour ainsi dire sans calculs; cette méthode peut être d'un usage très-facile, surtout lorsqu'il s'agit d'évaluer la résistance de la denture d'un engrenage en état de marche.

Admettons que la largeur l de la denture soit exprimée en centimètres pris pour unités de mesure, et que la hauteur h, ou la saillie proprement dite, soit égale à $1{,}2e$ ou à $1{,}5e$, c'est-à-dire à l'épaisseur de la dent augmentée de 1/5 ou de 1/2; et proposons-nous de chercher :

1° A quelle résistance correspond chaque centimètre de large pour une épaisseur donnée ;

2° Réciproquement quelle doit être l'épaisseur d'une dent sur un centimètre de large pour une pression donnée P.

La formule de résistance indiquée page 182, et modifiée avec l'hypothèse $l = 1$ centimètre, fournit, pour le premier cas, les relations :

1° Avec le rapport $h = 1{,}2e$

$$\text{la pression } P = \frac{25e^2}{1 \times 1{,}2e} = \frac{25e}{1{,}2} = e\,\frac{25}{1{,}2}$$

d'où $P = e \times 20{,}833$

2° Et avec le rapport $h = 1{,}5\,e$

$$P = \frac{25e^2}{1 \times 1{,}5e} = \frac{25\,e}{1{,}5}$$

d'où l'on tire $P = e \times 16{,}666.$

De là cette remarque importante :

A hauteurs proportionnelles et à largeurs égales, la résistance des dents est proportionnelle à l'épaisseur, et réciproquement.

La même formule, modifiée suivant le deuxième cas concernant l'épaisseur, fournit encore les relations suivantes :

1° Avec le rapport $h = 1{,}2e$

$$\text{on a } e^2 = \frac{1{,}2e\,P}{1^{\bullet} \times 25} = \frac{1{,}2\,P}{25}$$

d'où on déduit $e = P \times 0{,}048$.

2° Et avec celui $h = 1{,}5e$

$$\text{on a } e^2 = \frac{1{,}5e\,P}{1 \times 25}$$

d'où $e = P \times 0{,}060$.

Ces deux formules, appliquées aux dents de bois qui sont égales à $\frac{4}{3}e$ des dents de fonte (voyez page 190), deviennent :

1° $e_{,} = P \times 0{,}064$

2° $e_{,} = P \times 0{,}080$

Les tableaux suivants résument ces formules pour les dents de fonte seulement :

Le premier, pour des épaisseurs successives de 0^c5 à 8 centimètres ;

Et le second, pour des pressions de 10 à 200 kilogrammes sur un centimètre de largeur.

TABLEAU N° 1

SERVANT A ESTIMER LA RÉSISTANCE DES DENTS D'ENGRENAGE EN FONTE, D'APRÈS L'ÉPAISSEUR ET PAR CENTIMÈTRES DE LARGEUR.

Épaisseur en centimèt.	Pression en kilogr.		Épaisseur en centimèt.	Pression en kilogr.		Épaisseur en centimèt.	Pression en kilogr.	
	Rapport $h = 1.2.$	Rapport $h = 1.5.$		Rapport $h = 1.2.$	Rapport $h = 1.5.$		Rapport $h = 1.2.$	Rapport $h = 1.5.$
0.5	10.4	8.3	2.8	58.2	46.7	5.5	114.4	91.8
0.6	12.5	10.0	3.0	62.4	50.1	5.6	116.5	93.5
0.7	14.5	11.7	3.2	66.5	53.4	5.8	120.6	96.8
0.8	16.6	13.3	3.4	70.7	56.8	6.0	124.8	100.2
0.9	18.7	15.0	3.5	72.8	58.4	6.2	129.0	103.5
1.0	20.8	16.7	3.6	74.9	60.1	6.4	133.1	106.9
1.2	24.9	20.0	3.8	79.0	63.4	6.5	135.2	108.5
1.4	29.1	23.4	4.0	83.2	66.8	6.6	137.3	110.2
1.5	31.2	25.0	4.2	87.3	70.1	6.8	141.4	113.5
1.6	33.3	26.7	4.4	91.5	73.5	7.0	145.6	116.9
1.8	37.4	30.0	4.5	93.6	75.1	7.2	149.8	120.2
2.0	41.6	33.4	4.6	95.7	76.8	7.4	153.9	123.6
2.2	45.7	36.7	4.8	100.0	80.1	7.5	156.0	125.2
2.4	50.0	40.0	5.0	104.0	83.5	7.6	158.0	126.9
2.5	52.0	41.7	5.2	108.1	86.8	7.8	162.2	130.2
2.6	54.0	43.4	5.4	112.3	90.2	8.0	166.4	133.6

TABLEAU N° 2

RELATIF A L'ÉPAISSEUR DES DENTS D'ENGRENAGE EN FONTE, D'APRÈS LA PRESSION ET SUR UN CENTIMÈTRE DE LARGEUR.

Pression en kilogr.	Épaisseur en centimèt. Rapport $h = 1.2.$	Rapport $h = 1.5.$	Pression en kilogr.	Épaisseur en centimèt. Rapport $h = 1.2.$	Rapport $h = 1.5.$	Pression en kilogr.	Épaisseur en centimèt. Rapport $h = 1.2.$	Rapport $h = 1.5.$
10	0.5	0.6	60	2.9	3.6	120	5.8	7.2
15	0.7	0.9	65	3.1	3.9	130	6.2	7.8
20	1.0	1.2	70	3.3	4.2	140	6.7	8.4
25	1.2	1.5	75	3.6	4.5	150	7.2	9.0
30	1.4	1.8	80	3.8	4.8	160	7.7	9.6
35	1.7	2.1	85	4.1	5.1	170	8.1	10.2
40	1.9	2.4	90	4.3	5.4	180	8.6	10.8
45	2.1	2.7	95	4.5	5.7	190	9.1	11.4
50	2.4	3.0	100	4.8	6.0	200	9.6	12.0
55	2.6	3.3	110	5.3	6.6			

A l'aide de ces deux tableaux, il devient maintenant très-facile, soit de trouver la résistance d'une dent dont on a mesuré l'épaisseur et la largeur en centimètres, soit de déterminer son épaisseur, lorsqu'on connaît la résistance en kilogrammes et que l'on se donne la largeur.

Ainsi : 1° On demande quelle est la résistance d'une dent de fonte dont l'épaisseur est de 2 centimètres et demi, ou 2,5 avec le rapport $h = 1{,}2e$, et la largeur de 14 centimètres ?

Le premier tableau indique en regard de 2,5, dans la deuxième colonne, 52 kilogr. pour la pression par centimètres de largeur. Si on multiplie cette quantité par 14 centimètres, largeur donnée, on a la pression totale cherchée, qui est égale à 728 kilogr. ;

2° Quelle est l'épaisseur d'une dent de fonte qui doit avoir 12 centimètres de largeur, et résister à 480 kilogr., en adoptant le même rapport $h = 1{,}2e$.

Puisque $l = 12$, chaque centimètre de largeur doit donc supporter

$$\frac{480}{12} = 40^{\text{kil.}}$$

Or, on trouve par le deuxième tableau que le nombre en regard de cette pression 40 est $1^{c}9$; c'est l'épaisseur réelle à donner à la dent.

On peut aussi ramener ces tableaux à un tracé graphique qui a le mérite de réunir dans un très-petit espace tous les résultats du calcul avec la plus rigoureuse exactitude.

FABRICATION DE L'ACIER FONDU.

NOUVELLES DISPOSITIONS DE FOURS
ET FONDERIES PERFECTIONNÉES,

Par MM. JAMES JACKSON et fils,

FABRICANTS D'ACIER A SAINT-SEURIN-SUR-L'ISLE.

(PLANCHE 18.)

Si la fabrication de l'acier a acquis une certaine réputation en France, c'est, sans contredit, à la maison Jackson qu'on le doit. Fondée depuis plus d'un demi-siècle par le père de la famille actuelle, cette maison a dû toujours aller en croissant, sous la direction des fils, et son extension est devenue plus tard tellement importante qu'elle s'est alors divisée en plusieurs usines, qui toutes fabriquent des quantités considérables d'acier fondu.

L'un des frères, M. James Jackson, qui dans toute sa carrière s'est fait une étude spéciale de cette industrie à laquelle il a apporté, sans cesse, des améliorations utiles, après avoir dirigé pendant longtemps les fabriques d'Assailly et de Toulouse, a monté, en 1849, une belle et grande acierie, à Saint-Seurin-sur-l'Isle, près Bordeaux, que l'on peut certainement regarder comme le meilleur modèle à suivre en ce genre.

Cette usine est établie sur un large cours d'eau dont la puissance motrice s'élève à plus de 100 chevaux, et comprend, outre la maison d'habitation et le jardin, un grand nombre de fours à coke, plusieurs jeux de laminoirs, des martinets, des cisailles, des meules et des broyeurs, tous appareils activés par des roues hydrauliques; elle comprend en outre une grande quantité de fours de cémentation, de fonderies doubles, une forge, un marteau-pilon, un four à puddler, des magasins pour les matières premières, pour les produits fabriqués, etc. Répartie sur un vaste terrain, qui borde la rivière et un canal, elle prend chaque jour d'autant plus d'extension,

que tous ses aciers sont, pour ainsi dire, placés à l'avance, étant très-estimés par les ingénieurs des chemins de fer, les constructeurs, les mécaniciens, comme par tous les fabricants.

On se rappelle avoir remarqué, non sans un grand étonnement, à l'Exposition de 1849, une tige de piston en acier fondu qui n'avait pas moins de 18 centimètres de diamètre, et près de 3 mètres de longueur : elle avait été fabriquée par M. James Jackson, qui tout récemment nous assurait qu'avec ses nouveaux fours il pourrait aisément produire des pièces de 5 à 600 kilogrammes, et qu'il espérait bien qu'à l'Exposition de 1855, il enverrait des produits plus remarquables encore.

Convaincu, comme nous le sommes, du savoir et de l'expérience de cet habile fabricant, nous sommes persuadé qu'il tiendra parole; aussi nous avons été bien heureux d'obtenir son autorisation de publier dans notre Recueil, ses divers systèmes de fours perfectionnés pour la fabrication de l'acier fondu, avec les documents intéressants qu'il a eu l'extrême obligeance de nous communiquer.

Avant d'en donner la description, il ne sera sans doute pas sans quelque intérêt, pour plusieurs de nos lecteurs, de connaître quel était, il y a seulement une quinzaine de années, l'état de cette fabrication en Angleterre, pays qui a passé, pendant longtemps, pour produire les meilleurs aciers fondus. On comprendra sans doute mieux alors l'importance des perfectionnements apportés dans les fours et fonderies par M. James Jackson et par son fils, M. James William, homme de mérite, qu'il s'est associé après lui avoir suggéré toute son expérience. On sait que ces perfectionnements ont été l'objet de plusieurs brevets pris par ces Messieurs, en France et à l'étranger, et dont le premier date déjà de juillet 1850.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES SUR LA FABRICATION DE L'ACIER (1).

La fabrication de l'acier se subdivise en trois parties essentielles bien distinctes les unes des autres :

1° Les forges à acier, produisant l'acier dit *naturel*, c'est-à-dire l'acier que l'on tire de minerais de fer possédant certaines propriétés spéciales, qui ne se trouvent réunies au plus haut degré que dans les fers carbonatés spathiques. Les procédés de fabrication de l'acier naturel sont assez analogues à ceux qui sont généralement en usage pour fabriquer le fer forgé.

2° Les fours de cémentation, destinés à fabriquer l'acier de *cémentation*, qui se fait en employant le fer forgé comme matière première.

L'opération de la cémentation, l'une des plus simples de la métallurgie, consiste essentiellement dans la carburation du fer forgé, sous l'influence

(1) Extrait d'un mémoire sur la fabrication de l'acier en Yorkshire, par M. F. Le Play, ingénieur en chef (*Annales des Mines*, vol. III, 1843).

prolongée d'une haute température et du charbon de bois. Les matières mises en présence sont toujours chauffées en vase clos, c'est-à-dire préservées par des parois réfractaires et imperméables, contre l'action des gaz émanant du foyer où se produit la chaleur nécessaire à la réaction.

Nous ne nous occuperons pas davantage de la préparation des deux espèces d'acier ci-dessus; ce travail constitue deux fabrications spéciales différant complétement du troisième procédé de fabrication qui doit nous occuper aujourd'hui, de la fabrication de l'*acier fondu*.

Cet art constitue, depuis bien des années, déjà la subdivision la plus importante du travail de l'acier dans le Yorkshire, et il joue actuellement un rôle important en France.

M. F. Le Play, qui s'est livré à des recherches minutieuses et à une étude approfondie de la fabrication de l'acier fondu, a publié les détails suivants sur ce travail tel qu'il se pratiquait en 1842 avec une notice sur l'origine de son invention.

NOTICE HISTORIQUE. — « Benjamin Huntsman, né en Yorkshire en 1704, s'adonna d'abord à l'horlogerie dans la petite ville de Doncaster : il y fit quelques essais pour fabriquer avec l'acier de cémentation des outils nécessaires à son art et divers objets qu'on tirait alors, pour la plus grande partie, des fabriques allemandes. En 1740, à la suite des succès qu'il obtint dans ses tentatives, il vint s'établir à Handsworth, village situé près de Sheffield au milieu de riches exploitations de houille. Il y établit le premier atelier où l'acier fondu ait été fabriqué d'une manière régulière; puis pour se rapprocher de Sheffield qui était déjà le centre de l'industrie de l'acier, il transporta son établissement à Attercliffe où ses descendants directs exploitent encore la même industrie. Il y mourut en 1776 (1).

« D'autres fabricants, parmi lesquels se distinguèrent surtout Walker et John Marshall, s'adonnèrent bientôt à la même fabrication et créèrent des fonderies à Sheffield et à Greenoside. Néanmoins la nouvelle industrie, faute de débouchés, ne se développa d'abord que lentement. Pendant toute la durée du siècle dernier elle eut à lutter, d'une part, contre les difficultés que présente la production de la plus haute température dont on fasse usage dans la métallurgie, de l'autre, contre les préjugés des consommateurs habitués à demander à l'Allemagne les sortes supérieures d'acier que la nouvelle industrie s'efforçait de produire. Mais peu à peu les difficultés techniques de la fabrication furent surmontées ; on apprit à connaître et à préparer les matériaux réfractaires les plus convenables; les frais d'élaboration, d'abord excessifs, diminuèrent chaque année ; stimulés par le bon marché de l'acier fondu, les fabricants d'objets d'acier s'appliquèrent avec succès à l'employer pour tous les usages jusque-là réservés à l'acier allemand ; bientôt même ils découvrirent que plusieurs qualités utiles y étaient developpées à un degré plus élevé que dans ce dernier.

« Aujourd'hui la révolution que devait amener en Grande-Bretagne la mémorable découverte de Benjamin Huntsman, est tout à fait accomplie, et chaque jour les

(1) « Nous avons relevé nous-mêmes ces dates sur le tombeau de Benjamin Huntsman, dans le cimetière d'Attercliffe; une seconde inscription rappelle que son fils William Huntsman est mort en 1809, âgé de 76 ans. Le fils et l'héritier de ce dernier, M. Francis Huntsman, âgé de 60 ans, dirigeait en 1842 les établissements fondés par son aïeul. »

conséquences s'en feront plus vivement sentir sur le continent. Depuis longtemps il ne s'importe plus d'acier allemand en Angleterre, et, au contraire, les usines du Yorkshire exportent annuellement 30,000 à 40,000 quintaux métriques d'acier corroyés ou fondus en barres, fils ou tôles, indépendamment d'une valeur incomparablement plus grande en objets d'acier de toute nature. Nous avons constaté en août 1842 qu'il existait en Yorkshire cinquante et une fonderies d'acier, où, malgré la stagnation des affaires commerciales, on convertissait chaque semaine en acier fondu, 1,650 quint. métr. d'acier brut (85,800 quint. métr. par an), soit les 52 centièmes environ de la quantité totale produite par les ateliers de cémentation.

« Toutes ces usines pratiquent, à quelques nuances près, la méthode de fabrication que nous allons décrire.

MATÉRIEL DE LA FABRICATION.

La partie principale du matériel de la fabrication est un fourneau à courant d'air naturel, recevant deux creusets où l'acier est chauffé à l'abri des gaz de la combustion.

Fourneau de fusion. — Chaque fourneau est un prisme rectangulaire droit, dont la section horizontale a 0m 54 sur 0m 38; à la partie inférieure est une grille composée de cinq barreaux carrés, dont le côté varie entre 0m025 et 0m035; à la partie supérieure se trouve une ouverture rectangulaire ayant seulement 0m 33 sur 0m30, dont le centre de figure correspond à celui du prisme, et qui se raccorde avec les faces verticales de ce dernier par de petites surfaces en arc de cloître. La distance verticale comprise entre la grille et l'orifice du fourneau est 0m 91. Trois des côtés du prisme se prolongent jusqu'au sol à 1m71 au-dessous de la grille; le quatrième côté reste ouvert pour laisser un large accès à l'air atmosphérique qui doit être appelé en grande quantité pour suffire à l'activité de la combustion. Sur l'une des faces étroites du prisme est pratiquée une ouverture rectangulaire, large de 0m 38 et haute de 0m14, qui donne issue aux gaz de la combustion, et qui communique avec la cheminée par un rampant horizontal ayant même section, et 0m04 de longueur. L'arête supérieure de ce rampant est à 0m11 en contre-bas de l'orifice du fourneau. La cheminée a parfois une section circulaire; plus ordinairement cette section est un carré dont le côté est 0m30. La hauteur totale de la cheminée au-dessus de l'arête supérieure du rampant est de 10m11.

« Les briques les plus réfractaires ne pourraient résister à la température excessive qui doit être développée dans les fourneaux à acier. Pour former les parois de ces fourneaux, on emploie un grès nommé *gannister*, très-compacte, à cassure grenue subsaccharoïde, esquilleuse, formé de quartz pur, et par suite éminemment réfractaire; il entre sous deux formes différentes dans la construction des fourneaux.

« Ce grès, en raison de sa dureté, étant employé avec avantage pour l'empierrement de la plupart des routes aboutissant à Sheffield, on ramasse avec grand soin la poussière et la boue qui résultent du broiement de la chaussée; ces matières pulvérulentes, composées essentiellement de quartz mêlé d'une trace de matières animales et de cette fine poussière de charbon qui imprègne le sol de tous les districts manufacturiers de la Grande-Bretagne, sont aussi réfractaires que le grès lui-même, et d'un emploi plus économique, parce qu'elles n'exigent aucune main-d'œuvre de taille ou de maçonnerie.

Pour refaire à neuf les parois d'un fourneau après avoir enlevé la partie dégradée, il suffit de tasser la matière réfractaire légèrement humectée, dans l'espace large de 0m28, compris entre le massif fixe du fourneau et un noyau central en bois auquel on donne exactement la forme et la position que doit avoir le foyer.

« Malheureusement pour les fondeurs d'acier, on emploie çà et là, pour l'empierrement des routes, des matériaux fusibles dont le mélange dénature complétement la qualité des poussières; c'est ainsi que j'ai vu charger en 1842, sur une partie de la route de Sheffield à Attercliffen au centre du district où abondent les ateliers de fusion, des laitiers du haut-fourneau de Sheffield-Park. Ne pouvant toujours se procurer des poussières parfaitement réfractaires, les fabricants d'acier fondu sont souvent obligés d'employer le grès. Dans ce cas, la paroi qui est en contact avec le combustible est formée, sur une épaisseur de 0m 11, de grès taillé assemblé avec un peu d'argile; l'espace de 0m17, compris entre cette paroi et le massif fixe, est rempli avec des poussières de médiocre qualité. Tous les fourneaux étaient établis de cette manière (voy. fig. A) dans l'atelier que j'ai visité, et que je crois pouvoir offrir comme le meilleur type du Yorkshire.

« Dispositions générales et dimensions de l'atelier de fusion. — Ces fourneaux, qui ne sont jamais isolés, sont disposés d'une manière semblable dans tous les ateliers. Le nombre des fourneaux juxtaposés n'est jamais moindre que quatre, et est rarement supérieur à dix. Les cheminées sont réunies dans un même massif épais de 1m 02 où leurs axes sont disposés en ligne droite; l'intervalle compris entre les axes de deux cheminées contiguës est de 0m 83. L'orifice des fourneaux s'ouvre dans le sol de l'atelier principal, situé lui-même à 1m 20 au-dessus du niveau de la cour; l'atelier communique avec cette dernière au moyen d'un perron. Pendant la fusion, les orifices supérieurs des fourneaux sont fermés avec un couvercle formé de larges briques maintenues par des vis de pression dans un cadre en fer. L'atelier présente ordinairement la forme d'un rectangle dont l'un des côtés, formé par le massif des cheminées, a une longueur déterminée par le nombre des fourneaux; dans un atelier de 10 fourneaux, cette longueur est de 8m 30.

« Immédiatement au-dessous de cet atelier se trouve toujours une cave voûtée dont le sol, qui est de niveau avec le fond du cendrier des fourneaux, est à 1m 42 en contre-bas du sol de la cour.

« De part et d'autre de l'atelier se trouvent deux petits magasins au même niveau que la cour; l'un sert à la fois de dépôt pour le coke et l'argile réfractaire, et d'atelier pour la fabrication des creusets. Dans l'autre sont établis le dépôt des matières premières et des produits, et l'atelier pour le cassage de l'acier brut. Le sol de l'atelier de fusion est prolongé dans le dernier de ces bâtiments latéraux, au-devant d'un petit four dans lequel on porte les creusets à la température rouge avant de les introduire dans les fourneaux de fusion. Deux escaliers permettent d'amener directement de chacun de ces magasins, près de l'orifice des fourneaux de fusion, le coke et l'acier de cémentation. Un escalier met en communication la cave avec le magasin des aciers où se tiennent souvent les ouvriers pendant la fusion, et facilite ainsi la surveillance qu'il faut sans cesse exercer sur les grilles. Un autre escalier ménagé sous le perron, et dans lequel s'ouvre une fenêtre, contribue encore à faire arriver sous la voûte l'air et la lumière.

« Des creusets servant a la fusion de l'acier. — Les creusets dans lesquels l'acier est soumis à la fusion (voy. fig. B), constituent une partie fort importante du matériel. Il a fallu une longue série d'expériences pour déterminer les dimensions et les formes de creusets qui donnent lieu à la moindre consommation de combustible et au moindre déchet sur la matière première. Ce qui prouve que les questions sont aujourd'hui parfaitement résolues, c'est que toutes les usines sont arrivées sous ce rapport à une uniformité presque complète.

« Les creusets sont essentiellement composés d'une argile réfractaire exploitée aux environs de Stourbridge (Worcestershire), et qui joue dans les ateliers métallurgiques de la Grande-Bretagne le même rôle que l'argile de Forges dans le nord de la France, et celle d'Andenne en Belgique. Toutefois, comme cette matière, en raison de la distance assez considérable qu'elle doit parcourir, revient à Sheffield à un prix assez élevé, on la mélange ordinairement par moitié avec une argile de moindre qualité provenant de Stannington près de Sheffield. On ajoute au mélange une faible quantité de poussière de coke et de fragments pulvérisés provenant du triage des vieux creusets hors de service, et l'on fait du tout une pâte homogène et très-compacte.

« Des expériences comparatives faites par un habile fabricant de Sheffield, qui a bien voulu nous en communiquer les résultats, lui ont démontré que l'argile de Stourbridge convient à la fabrication des creusets beaucoup mieux que toutes les autres argiles réfractaires de la Grande-Bretagne et du continent. Il n'en a trouvé aucune qui ait pu résister à trois fontes successives, tandis que des creusets d'argile pure de Stourbridge peuvent souvent résister à six fontes. Il nous a semblé intéressant de rechercher la cause de cette supériorité.

« L'argile de Stourbridge, conservée dans un lieu sec, se présente en masses consistantes qu'il est assez difficile de rompre par la pression de la main, et qui résistent même à de légers coups de marteau. Elle est rayée par l'ongle et prend un certain poli quand on la coupe au couteau. Sa couleur est le brun noir foncé. Sa cassure offre deux apparences très-distinctes : certaines parties sont mattes et terreuses, bien qu'assez unies et douces au toucher; les autres sont parfaitement lisses, éclatantes, et rappellent l'aspect des surfaces brillantes qu'offrent certaines hématites brunes mamelonnées. Elle se pulvérise très-aisément sous le pilon, et la poudre passée au tamis de soie se compose en grande partie de particules presque impalpables. La matière est complétement homogène; car les petits fragments qu'on obtient en lavant cette poudre à l'augette, se réduisent aisément par la porphyrisation, en une poudre impalpable entièrement identique avec celle qui avait été séparée par le lavage. L'argile sèche absorbe très-promptement l'eau avec laquelle on la met en contact. Elle se désagrège alors aisément par la pression; mais elle ne fait point pâte comme les argiles grasses employées pour la fabrication des creusets de verrerie.

« L'argile de Stourbridge ne contient point d'autres principes fixes que la silice et l'alumine : je n'y ai pas trouvé la moindre trace de terres alcalines ni d'oxydes métalliques. Elle se distingue surtout de la plupart des autres argiles réfractaires par la forte proportion d'alumine qu'elle renferme. La matière terreuse qui constitue essentiellement l'argile, est mélangée intimement d'une substance combustible qui, par la calcination en vase clos, laisse un résidu de carbone; celui-ci colore en gris foncé chacune des particules les plus ténues de la matière terreuse, et ne se gazéifie complétement que par un grillage très-prolongé. Ce mélange si intime de carbone paraît contribuer notablement à accroître la propriété réfractaire de l'argile.

Nous avons trouvé dans l'argile de Stourbridge la composition suivante :

Silice.	0,461
Alumine.	0,388
Eau combinée et matières combustibles volatiles.	0,128
Carbone produit par la calcination en vase clos.	0,015
Total.	0,992

« L'argile de Stannington offre à peu près les mêmes caractères extérieurs que celle de Stourbrigde, à cela près que sa couleur est moins foncée ; elle n'est point aussi homogène, car on peut aisément en séparer par le lavage des lamelles brillantes de mica ; elle est encore moins disposée que l'argile de Stourbridge à faire pâte avec l'eau. Calcinée en vase clos, elle donne un résidu d'un gris assez foncé ; mais le grillage ne fait point disparaître cette couleur, et ne donne lieu à aucune perte de poids. Nous y avons trouvé :

Silice.	0,420
Alumine.	0,409
Magnésie.	0,001
Chaux.	0,013
Trace d'oxyde de fer.	»
Eau combinée	0,147
Total.	0,990

« Le mélange qui sert à fabriquer chaque creuset est composé comme suit :

Argile de Stourbridge sèche pulvérisée.	5k 22
— de Stannington — —	5 22
Fragments de vieux creusets pulvérisés.	0 43
Coke pulvérisé.	0 05
Total.	10k 92

On humecte la matière avec une quantité d'eau suffisante pour que la pâte qui en résulte s'agglomère par la pression et conserve la forme qui lui est donnée. Mais il s'en faut de beaucoup que cette pâte ait l'homogénéité et la consistance de celles qu'on emploie pour fabriquer les creusets de verreries. Aussi lorsque le creuset a été façonné par le procédé qui va être décrit, et lorsqu'il a été soumis à la cuisson à une température rouge ménagée, on remarque que la cassure offre une véritable brèche composée de fragments terreux juxtaposés et de menus débris de coke, réunis par un ciment argileux grisâtre peu abondant. Ces éléments ne sont que faiblement agglomérés et se pulvérisent aisément par le choc du marteau. Nous avons trouvé que le poids des creusets calcinés était moyennement de 20 1/2 livres ou de 9k 08.

« Mais cette texture est complétement modifiée quand les creusets ont servi à la fusion de l'acier. La pâte est convertie en un émail vitreux d'une dureté extrême, qui ne se laisse point rayer par la lime ; elle offre une couleur noire très-foncée qui ne se distingue que par un moindre éclat des fragments de coke empâtés. La texture vitreuse devient plus prononcée, et les vides moins nombreux et plus microscopiques à mesure que le creuset reste plus longtemps soumis à la température de la fusion de l'acier. Dans un creuset qui avait été maintenu pour essai pendant cinq fusions sous l'influence de cette température, la matière terreuse était transformée en un émail noir très-vitrifié parfaitement homogène, et qui en sortant du fourneau se montrait malléable comme du verre à demi refroidi.

« La fabrication des creusets à acier exige, comparativement, moins de main-d'œuvre que celle des creusets employés dans les verreries et dans les usines à zinc. Elle a toujours lieu par voie de moulage.

« Il est essentiel que les creusets perdent très-lentement l'eau de mouillage : à cet effet, on les laisse quelques jours dans l'atelier de moulage, puis on les dépose sur plusieurs rangées d'étagères fixées le long des murs de l'atelier de fusion, où la proximité des fourneaux entretient une température assez élevée.

« La fabrication des creusets est un travail fort pénible : un bon ouvrier consacre au moins six jours à fabriquer les 108 creusets qu'exige chaque semaine un atelier de 10 fourneaux porté au maximum d'activité. On s'explique difficilement que dans une contrée où la main-d'œuvre est à un prix fort élevé, on n'ait pas encore simplifié ce travail au moyen d'une machine dont la disposition se présente tout d'abord à la pensée, et dans laquelle le noyau serait pressé par une vis traversant un écrou encastré dans un système lié invariablement avec le socle.

« Lingotières pour le moulage de l'acier fondu. — L'acier, lorsqu'il est amené à l'état liquide, est coulé dans des lingotières en fonte ouvertes à leur extrémité supérieure et fermées à l'autre extrémité, composées de deux parties qui s'emboîtent librement l'une dans l'autre (voy. fig. G); celles-ci sont maintenues pendant la coulée au moyen de coins chassés entre la lingotière et deux anneaux en fer forgé ou des vis. La forme des lingotières varie un peu, selon les usines et la destination ultérieure du produit : ordinairement l'acier fondu est moulé en prismes octogonaux ayant 25 à 30 centimètres carrés de section, et 60 centimètres de longueur. Quand le moment de la coulée est venu, on dispose deux à deux les lingotières dans une position peu inclinée en les appuyant sur le bord d'une petite fosse ménagée dans le sol de l'atelier.

« Le matériel d'une fonderie d'acier comprend encore : les tenailles servant à retirer les creusets du feu et celles qui servent à verser l'acier dans le moule ; un grand entonnoir en tôle et une longue tige de fer servant à introduire la charge dans les creusets; des ringards pour nettoyer la grille et pour disposer convenablement les fragments de coke dans le fourneau ; des paniers pour transporter et charger le coke; des marteaux pour casser en fragments les barres d'acier de cémentation; un étau et des outils pour parer au besoin les lingots d'acier.

« En Yorkshire, le coke se fabrique toujours en dehors des fonderies d'acier : on se contente donc de joindre au terrain qu'exige le bâtiment une cour assez grande pour qu'on puisse y déposer les grès et les poussières réfractaires, les vieux creusets et le mâchefer des fourneaux ; il convient aussi qu'on puisse y faire aisément circuler les voitures employées pour le transport du coke, des matériaux réfractaires, de l'acier brut et de l'acier fondu. Une surface totale de 400 mètres carrés est suffisante pour une usine comme celle que nous venons de décrire.

Matières premières et combustible. — Les matières premières nécessaires à la fabrication de l'acier fondu, sont : les substances réfractaires dont la nature et l'emploi ont été précédemment décrits, l'acier brut de cémentation et le coke.

« L'acier brut est concassé, au moyen d'un marteau, en fragments de deux sortes : les uns, qui conservent toute la largeur de la barre, ont en longueur 5 à 7 centimètres de moins que la hauteur du creuset, de telle sorte qu'on peut les y introduire en les plaçant debout; les autres sont concassés en petits fragments irréguliers ayant pour la plupart, depuis 10 jusqu'à 30 centimètres cubes. Lorsqu'un atelier d'élaboration est annexé aux fonderies d'acier, on passe en outre dans les creusets avec l'acier brut une certaine quantité de rognures et d'objets de rebut.

« Le coke employé dans la plupart des fonderies d'acier est dense, très-dur, composé d'une pâte parfaitement vitrifiée, mais criblée de cavités pour la plupart microscopiques et dont les plus grandes ont rarement plus de 1 millimètre de diamètre.

Les fragments sont sillonnés çà et là par de grandes fissures : leur densité moyenne varie à raison de la présence de ces fissures de 0m75 à 7m92. Soumis à l'incinération, ce coke laisse un résidu argileux, ne faisant pas effervescence avec les acides, et qui ordinairement est à peine coloré par de l'oxyde de fer. L'essai d'un coke réputé de très-bonne qualité pour la fusion de l'acier nous a donné :

Carbone fixe.	0,837
Substances combustibles volatiles.	0,039
Eau hygrométrique.	0,015
Cendres argileuses, très-réfractaires.	0,109
Total.	1,000

« Avant d'être employé, le coke est cassé par l'emplisseur de reisses en fragments dont le volume est compris entre 60 et 190 centimètres cubes. Les poussières et les menus débris que produit ce cassage et ceux qui restent sur le sol du magasin sont employés, ainsi qu'on l'indiquera plus loin, soit dans le fourneau de fusion pour la mise en feu et entre deux fontes d'une même campagne, soit dans le four où se fait la cuisson préalable des creusets.

« Personnel d'un atelier de fusion. — Le personnel attaché à une fonderie d'acier varie en raison du nombre de fourneaux qu'on y tient en activité, et ce nombre varie lui-même beaucoup en Yorkshire, selon l'état du commerce : j'ai constaté, par exemple, qu'en août 1842, la moitié des fourneaux du Yorkshire était en chômage. Un atelier de 10 fourneaux en activité complète, c'est-à-dire fondant cinq jours par semaine, exigerait le concours de huit ouvriers que je vais désigner par les dénominations qui me paraissent exprimer leurs fonctions plutôt que le nom usuel qu'on leur donne dans les ateliers.

« *Le chef d'atelier* (*smelter*) *:* il surveille l'ensemble du travail, casse au marteau, en petits fragments, les barres d'acier brut, et prépare dans des sébiles la charge de chaque creuset, verse l'acier fondu dans les lingotières, concourt aux réparations des fourneaux, etc.

« *Deux fondeurs* (*takers out*) : ils sont spécialement chargés de toutes les manipulations qu'exige la fusion ; seuls ils retirent les creusets du fourneau et les apportent au chef d'atelier.

« *Le monteur de lingotières* (*mould getter up*) : il prépare les lingotières à mesure que le chef d'atelier en a besoin, et en retire les lingots solidifiés ; il aide les fondeurs à charger le coke pendant la fusion.

« *L'emplisseur de reisses* (*coakx*) : emplit de coke les paniers ou reisses et les monte dans l'atelier ; se joint au précédent pour assister les fondeurs dans toutes les manipulations.

« *Le surveillant aux grilles* (*boy*) : c'est un enfant de dix à douze ans qui se tient ordinairement dans la cave pour avertir les fondeurs dès que l'aspect de la grille indique qu'un creuset est percé ; souvent, en outre, il façonne les fromages au moyen d'un mandrin et d'un moule en fonte ; il trie au marteau les fragments de vieux creusets qui, étant exempts de parties vitrifiées, peuvent être repassés dans le mélange, ainsi qu'il a été dit précédemment ; il aide le fabricant de creusets lorsque les fourneaux de fusion sont inactifs.

« *Le fabricant de creusets :* cet emploi, ainsi qu'on l'a déjà annoncé, suffit pour

occuper tout le temps d'un ouvrier, dans un atelier de dix fourneaux en activité complète.

« Les fourneaux n'étant en feu que pendant le jour, ces ouvriers ne fournissent qu'un seul poste de dix à douze heures; leur paie par semaine s'élève ordinairement à 7 liv. 8 sh. (186 fr. 54 c.). Nous n'avons point appris que le salaire fût jamais établi en raison des produits fabriqués.

« Indépendamment de ces sept ouvriers attachés constamment à l'atelier, on emploie assez souvent, quand l'atelier est au maximum d'activité, un autre ouvrier pour le parage des lingots et pour divers travaux accessoires.

« Dans quelques petits ateliers à quatre fourneaux où l'on ne maintient en feu que trois fourneaux pendant trois jours chaque semaine, et où l'on s'applique à réduire le personnel autant que possible, on emploie seulement deux ouvriers, savoir : un fondeur chargé de toutes les opérations énumérées ci-dessus, et un enfant de quatorze à quinze ans qui ne le seconde que dans les travaux que comporte son âge. Je n'ai trouvé nulle part en Europe, ailleurs qu'en Angleterre, des ouvriers pouvant suffire seuls et sans relâche pendant une journée entière au travail pénible qu'exige la conduite de trois fourneaux à acier. Le salaire de ces deux ouvriers s'élève ordinairement à 2 liv. 3 sh. (55 fr. 20 c.) par semaine.

« Conduite du travail dans une fonderie d'acier. — Les fourneaux à acier fournissent des campagnes dont la durée n'excède jamais cinq jours; cette durée est souvent réduite à trois jours lorsque les usines manquent de débouchés. En outre, bien qu'ils restent allumés pendant toute la campagne, ces fourneaux travaillent toujours d'une manière intermittente et seulement dix heures sur vingt-quatre.

« Dans un atelier où l'on fond cinq jours par semaine, la réparation des fourneaux doit toujours être terminée le dimanche soir; on commence alors à chauffer chaque fourneau avec de grandes précautions, afin que la chemise se dessèche et n'arrive que très-graduellement à la température élevée qu'exige la fusion de l'acier. A cet effet, on jette sur la grille quelques pelletées de houille embrasée que l'on recouvre de coke frais; quand cette masse de combustible commence à s'allumer, on complète la charge avec du fraisil; on place dans le rampant une brique qui le bouche presque entièrement, et l'on ferme l'orifice du fourneau avec le couvercle. Il se produit ainsi, pendant la nuit suivante, une combustion étouffée qui dessèche complétement la chemise neuve et en porte graduellement la température jusqu'au rouge sombre. On répète la même opération pour tous les fourneaux que l'on veut mettre en feu.

« Dans la même soirée on place sur la grille du four à recuire 5 centimètres environ de menu coke embrasé, provenant d'un feu de houille que l'on entretient constamment sur la grille adjacente, on établit au-dessus les creusets qui doivent être employés le lendemain, puis on remplit le four de menu coke provenant des résidus de magasin ou d'escarbilles accumulées au fond des cendriers.

« Le lundi matin, on procède à la mise en feu : à cet effet, on secoue avec un rable les matières pulvérulentes qu'on avait jusque-là maintenues dans le fourneau, on nettoie la grille et l'on y place les creusets. Les centres des deux creusets doivent être dans le même plan vertical, à égale distance des deux grands côtés du fourneau; suivant ce même plan, il existe 5 centimètres de vide entre les deux creusets, et entre chacun de ceux-ci et les petites faces du fourneau. Dans cette situation des creusets, la distance comprise entre eux et les grandes faces du fourneau est de 0^m 995.

« On place le couvercle sur les creusets vides, on remplit les fourneaux de coke frais, on débouche les rampants et l'on ferme l'orifice supérieur. Il se produit immédiatement un très-fort tirage, et dans l'intervalle d'une demi-heure le fourneau atteint une température fort élevée.

« On procède alors au chargement en découvrant les creusets et y introduisant l'extrémité de l'entonnoir en tôle. Le chef d'atelier charge d'abord deux ou trois fragments d'acier longs de 0m 35 environ; mais pour garantir les creusets contre le choc, un fondeur place préalablement dans l'entonnoir un ringard droit. Ces bouts de barres sont placés verticalement contre l'un des côtés du creuset, puis dans l'intervalle compris entre eux et le côté opposé, on tasse de petits fragments d'acier. Cet arrangement a pour objet de faire tenir dans chaque creuset la plus grande charge possible. Souvent, ainsi que je l'ai annoncé précédemment, on termine la charge avec des débris de tôle, de fils d'acier, ou des rebuts de diverses fabrications.

« La charge totale de chaque creuset varie de 28 à 36 livres anglaises; elle est ordinairement de 30 liv. (13k 6).

« La charge faite, on replace le couvercle des creusets, on remplit le fourneau de coke frais, on ferme, au moyen du couvercle, l'orifice supérieur, et l'on commence la fusion.

« Pour développer et maintenir dans le fourneau la haute température qu'exige la fusion de l'acier, il faut choisir un coke remplissant les conditions indiquées ci-dessus; et observer en outre certaines règles dans le chargement de ce combustible.

« Il ne faut pas trop multiplier les charges, parce qu'on refroidit doublement le fourneau, en ouvrant l'orifice supérieur, ce qui diminue temporairement le tirage, et en y introduisant un corps froid. Il vaut mieux procéder par grandes charges peu fréquentes, sauf à laisser le coke embrasé tomber au-dessous du niveau des creusets, et à mettre ceux-ci de loin en loin en contact avec une charge complétement froide. Ordinairement on charge d'heure en heure de 20 à 25 kilogrammes de coke dans chaque fourneau. A cet effet, après avoir tassé avec un ringard ce qui reste de coke dans le fourneau, on verse doucement la nouvelle charge de manière qu'elle remplisse autant que possible la partie vide : pendant qu'un ouvrier verse ainsi le coke avec une reisse, un autre range et tasse les fragments avec un ringard, retire tous ceux qui tombent dans le rampant afin de maintenir toute l'activité du tirage, et les accumule en plan incliné sur la paroi du fourneau opposée à ce rampant. Cette charge doit se faire rapidement, en moins de deux minutes.

« Les cendres du coke étant réfractaires, ne tendent point à obstruer la grille : celle-ci n'exige donc que très-peu de soins de la part des ouvriers. Quelquefois on voit tomber entre les barreaux des filaments de matières vitreuses liquéfiées par la violence du feu; mais dans ce cas même les ouvriers sont rarement obligés de dégager les barreaux avec un ringard.

« Ordinairement la fusion de l'acier est complète, quatre heures après le chargement : le fondeur s'assure de l'état de la charge en découvrant les creusets. Les ouvriers règlent les charges de coke de telle sorte que la partie supérieure des creusets soit à découvert quand l'instant de la coulée est arrivé; ils rechargent un peu de combustible dans les fourneaux où la fusion n'est pas complétement achevée, et ils ne coulent qu'en dernier lieu le métal qui y est contenu.

« COULÉE ET MOULAGE DE L'ACIER FONDU. — La coulée du métal en lingots se fait avec une grande célérité et exige le concours de tous les ouvriers : les fondeurs sai-

sissent avec la tenaille le creuset auquel le fromage et le couvercle restent adhérents, et le placent à portée du chef d'atelier : celui-ci le reprend aussitôt avec l'autre tenaille, détache le couvercle par un léger coup de marteau, et verse immédiatement tout le contenu dans une lingotière; le métal est très-fluide et projette de nombreuses étincelles, qui jaillissent encore du moule quelques secondes après que toute la charge y est introduite. L'ouvrier ne peut soulever le creuset plein, qui pèse environ 25 kilogrammes, qu'en saisissant la tenaille à deux mains et la tenant fort près de son corps : ses mains et ses habits seraient immédiatement brûlés sous l'influence de la température excessive du creuset, s'il ne les recouvrait de nombreuses enveloppes de laine. Le creuset vide est jeté sans aucune précaution sur le sol de l'atelier, où il séjourne jusqu'à ce que l'autre creuset ait été vidé de la même manière. Les deux mêmes creusets avec les mêmes couvercles sont alors replacés vides dans le fourneau que l'on referme pour le réchauffer, après y avoir chargé un peu de coke frais. On opère successivement de la même manière, et sans interruption, sur chacun des fourneaux de l'atelier.

« Pendant cette manœuvre, le monteur de lingotières doit préparer sans cesse de nouvelles lingotières soigneusement séchées, enlever celles qui sont remplies, les ouvrir dès que l'acier y est solidifié ; enfin, jeter dans la cour des lingots d'acier qui s'y refroidissent sans gêner les ouvriers.

« La coulée étant achevée, et les fourneaux contenant de nouveau tous leurs creusets vides, on refait une nouvelle charge d'acier brut en prenant les différents fourneaux dans le même ordre qui a été suivi pour la coulée, puis on gouverne le feu comme précédemment. Cette seconde fusion ne diffère de la première qu'en ce que les fourneaux ayant acquis une température plus élevée, la fusion est ordinairement achevée en trois heures, au moyen de trois charges de coke.

« Après une troisième fusion, dont la durée moyenne est également de trois heures, les creusets se trouvent hors de service, et l'on interrompt l'opération jusqu'au lendemain. A cet effet, on nettoie soigneusement la grille et les parois de chaque fourneau : on charge des débris de coke, comme on l'avait fait la veille; on ferme avec une brique l'orifice du rampant, et l'orifice supérieur avec son couvercle; enfin, on place, dans le four à recuire, les creusets qui doivent servir le lendemain. Le mardi à six heures, on procède à la mise en feu, comme on avait fait le lundi, avec cette différence que le fourneau étant plus chaud, on peut borner à un quart d'heure la durée du coup de feu qui précède la première charge. On fait également trois fontes, et l'on continue de même jusqu'au vendredi soir.

« Les parois des fourneaux, lors même que les matériaux offrent la qualité désirable, sont alors trop dégradées pour que la fonte y puisse être continuée : on emploie la journée du samedi et du dimanche à démolir la chemise intérieure et à la reconstruire, ainsi qu'il a été dit; enfin, le dimanche soir à six heures, on recommence à chauffer le fourneau pour le préparer à une nouvelle campagne.

« Durée des creusets et des fourneaux. — Les creusets ne sont point absolument hors de service après la troisième fonte : la plupart d'entre eux pourraient servir encore une ou deux fois; mais en en prolongeant ainsi le service, on augmenterait les pertes d'acier qui ont lieu lors des accidents qui surviennent aux creusets : tout compte fait, l'expérience a prouvé que les pertes sur la matière première balanceraient, et au delà, l'économie qu'on obtiendrait sur les frais de matériel.

« Malgré les soins apportés à la construction des creusets, ceux-ci se fêlent ou se percent quelquefois pendant le travail ; il peut arriver dans ce cas que la totalité de

la charge coule au dehors, et tombe dans le cendrier, complétement dénaturée sous l'influence du milieu oxydant qu'elle a traversé. Plus ordinairement néanmoins, les fondeurs avertis par le surveillant qui voit des étincelles brillantes tomber au-dessous de la grille, peuvent remédier au mal avant que toute la charge ne soit perdue : à cet effet, ils appliquent extérieurement sur la partie endommagée un tampon d'argile réfractaire, et inclinent légèrement le creuset de manière à faire porter sur la paroi saine la pression du liquide. Si la fuite persiste malgré ces tentatives, il faut retirer le creuset et sauver ce qui reste du contenu. Ces fuites sont la cause presque unique du faible déchet qui a lieu dans les fonderies d'acier.

« Un autre motif contribue encore à restreindre le nombre des fusions effectuées dans un même creuset : c'est le rétrécissement graduel de volume qui entraîne dans le poids des charges une diminution correspondante. Le volume intérieur des creusets séchés à l'air est de 8lit.85, et j'ai trouvé que le volume d'un creuset bien conservé ayant fourni trois fusions, était réduit à 6lit.30. Les ouvriers de plusieurs usines se sont accordés pour m'affirmer que cette diminution de volume continuerait à se manifester dans de nouvelles fusions. Ce fait remarquable me paraît devoir être attribué à une double cause. Le retrait que prennent les argiles par la cuisson dans les circonstances ordinaires, est dû à un commencement de vitrification qui amène un rapprochement entre les divers éléments : on conçoit très-bien que sous l'influence de la haute température du fourneau de fusion, l'argile n'arrive pas aussitôt que dans les autres foyers métallurgiques à la limite supérieure de la vitrification : la variation de structure que présentent les creusets qui ont servi à une, à deux ou à trois fusions, confirme bien cette explication : leur pâte considérée à la loupe, est d'autant plus vitrifiée et d'autant moins poreuse qu'elle a été exposée plus longtemps à l'action du feu. En second lieu, les creusets, à la haute température où ils sont maintenus, acquièrent en partie la malléabilité du verre, et ne se brisent point, même par des chocs très-brusques : on comprend donc que la pression exercée pendant le travail par les chocs ou par la pression des ringards ait constamment pour effet d'en diminuer le volume.

« Au reste le volume de la charge d'acier fondu ne dépassant guère 1lit.75, il est clair que le rétrécissement de l'argile n'influe sur le poids des charges qu'en augmentant la difficulté de placer en peu de temps dans les creusets les fragments solides et les rognures qui constituent cette charge. Cette influence est assez prononcée pour que le poids des trois charges faites dans le même creuset se réduise successivement de 32 livres à 30 et à 28 livres.

« Les campagnes ne se prolongent pas au delà de cinq jours : mais il arrive souvent qu'en raison de la qualité imparfaite des poussières réfractaires dont le fourneau est composé, on se trouve obligé de les interrompre plus tôt. Presque toujours les parois sont déjà assez corrodées, après trois jours de feu, pour que la consommation de combustible soit notablement augmentée. Ainsi, tandis que la consommation moyenne du deuxième jour de fusion, n'est parfois que de 250 de coke pour 100 d'acier, il arrive souvent que le cinquième jour, cette consommation dépasse 350. C'est par ce motif, que lorsqu'en raison de la stagnation du commerce, on ne peut porter les fourneaux au maximum d'activité, on réduit ordinairement à trois jours la durée des campagnes, plutôt que de diminuer le nombre des fourneaux actifs.

« Propriétés physiques de l'acier fondu. — L'acier fondu prend assez nettement la forme des lingotières dans lesquelles il est coulé. Le poids des lingots, égal à celui d'une charge de creuset, varie de 12 à 16 kilogr. Bien que l'acier brut soit cassant,

les lingots, en raison de leur section considérable, sont assez difficiles à briser. La cassure fraîche offre une couleur grise sans reflet bleuâtre qui rappelle un peu la nuance de l'antimoine impur de première fusion. La masse entière est ordinairement criblée de petites cavités de forme arrondie à surface irisée, et presque toujours il existe au centre une cavité beaucoup plus grande dont la surface également irisée est tapissée d'une multitude de cristaux aciculaires.

« Considérée en petit, la cassure est grenue, âpre et comme chagrinée; mais lorsqu'on fait miroiter la lumière sur l'ensemble de la cassure, on y aperçoit distinctement une disposition lamellaire fibreuse très-régulière : ces fibres sont toutes perpendiculaires à la surface extérieure contiguë, en sorte que leur rencontre dessine très-régulièrement les deux diagonales du carré qui résulte de la section transversale du lingot. »

DESCRIPTION DES FOURS PERFECTIONNÉS DE MM. JAMES JACKSON ET FILS, ET REPRÉSENTÉS SUR LES FIGURES DE LA PL. 18.

Les divers perfectionnements qui ont été successivement apportés dans la fabrication de l'acier fondu, par MM. James Jackson, et pour lesquels ils se sont fait breveter, ont tous pour objet de réaliser une économie notable, soit dans la consommation du combustible, soit dans les frais du matériel, de faciliter le travail des ouvriers, en le rendant moins pénible, et de permettre de produire au besoin des pièces de grandes dimensions.

Ces améliorations consistent principalement :

1° Dans la disposition particulière de doubles fonderies n'ayant chacune qu'une seule cheminée et un seul cendrier, et pouvant en outre chauffer une chaudière à vapeur.

2° Dans un système analogue de double four marchant également avec une seule grille et au besoin avec l'air comprimé préalablement chauffé ou employé à la température ordinaire.

3° Dans l'application de ces fours rendus propres à opérer la fusion de grandes quantités de matières à la fois.

4° Et dans la faculté de brûler des combustibles inférieurs, tels que de la houille ou autres, au lieu de coke de première qualité.

Nous allons tâcher de faire voir comment les auteurs sont parvenus à remplir toutes ces conditions.

Fours doubles a un seul cendrier. — Les premières figures du dessin (pl. 18) représentent le système que MM. Jackson ont appelés à *doubles fonderies* avec un cendrier unique, et avec l'application d'une chaudière à vapeur chauffée par la chaleur perdue et pouvant marcher à volonté, soit avec l'air comprimé, soit avec l'air libre.

La figure 1re est un plan général d'un appareil composé de dix doubles fours, dont une série vue en dessous, et l'autre en coupe horizontale au-dessus des grilles.

La figure 2e est une coupe transversale faite suivant la ligne 1-2 du plan.

La figure 3e en est une seconde coupe longitudinale faite suivant la ligne 3-4.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/100 ou 1 centimètre par mètre.

La fig. 4e montre en détail une section transversale faite par le milieu de deux fours opposés et de la chaudière à vapeur, disposée au-dessus pour être chauffée par les flammes perdues.

On remarque d'abord, sur ces premières figures, la disposition de deux séries AA′ de fonderies ou fours doubles dits de fusion, situés en regard les uns des autres et pouvant contenir chacun deux, trois ou quatre creusets *a* et même un plus grand nombre au besoin. Ces fours sont établis sur des massifs en pierres, et construits en bonnes briques de Bourgogne, avec l'intérieur en briques réfractaires.

Les gaz produits par la combustion se rendent de chacun d'eux par un conduit oblique *b* dans les carneaux verticaux *c* de la grande cheminée d'appel B. Ces carneaux sont séparés par des carneaux semblables et plus petits *d* qui règnent sur toute la hauteur, et qui, recevant constamment des courants d'air froid, venant de l'extérieur, ont l'avantage de maintenir tout le corps de la cheminée beaucoup plus longtemps, tout en lui donnant moins d'épaisseur que lorsque les fours sont adossés contre un mur comme dans l'ancien système.

Au-dessous de chacune des soles ou des grilles C sur lesquelles les creusets sont posés, on a pratiqué des ouvertures latérales *e* (fig. 2) qui communiquent également avec les carneaux intérieurs de la cheminée. Ce sont les orifices par lesquels l'ouvrier, qui se place en face, s'aperçoit, par le plus ou moins de clarté que produisent la flamme et les gaz brûlés, si les foyers ont besoin d'être alimentés de combustible à nouveau.

On rencontre au-dessous de ces orifices les petites voûtes obliques *f′* qui viennent se reposer sur le massif en maçonnerie D, terminé en cette partie par un plan incliné, lequel se prolonge comme elles jusqu'au grand canal souterrain E, qui n'est autre que le *cendrier* proprement dit.

L'objet de ces voûtes est de donner à l'ouvrier plus de facilité pour nettoyer les grilles de leurs cendres et pour opérer une fusion plus complète du métal. A cet effet, les auteurs ont rapporté, sur le plan incliné, une plaque de fonte *g* (fig. 2 et 4) de la largeur de chaque four, afin que, lorsqu'un creuset vient à couler, ce qui arrive fréquemment, l'acier tombe sur cette plaque, et ne se mélange pas avec les cendres, accident qui rend le métal impropre à la fabrication. De cette manière on peut utiliser ces *runnings*, ou coulures, sans être obligé d'employer une main-d'œuvre considérable pour les nettoyer ; ce changement est d'un avantage incontestable dans les fonderies d'acier.

Le cendrier unique E est complétement ouvert à ses extrémités, et donne par le passage des petites voûtes *f′* un large accès à l'air atmosphérique qui doit être appelé en grande quantité pour suffire à l'activité de la

combustion. Une telle disposition constitue donc, par cela même, une amélioration notable.

Le nombre des fours est supposé, sur les dessins, de dix, dans chacune des fonderies; on pourrait évidemment en disposer une plus ou moins grande quantité.

A gauche du massif de la cheminée commune B se trouve une grande étuve ou four spécial qui sert à la cuisson préalable des creusets; sa disposition est très-simple et d'autant plus économique qu'elle n'a qu'une seule cheminée dont les gaz se déchargent dans les canaux ou couloirs à air libre *d*.

Du côté opposé, on a ménagé de larges passages, afin que quand on a besoin de couler des lingots de mille à quinze cents kilogrammes, on puisse y placer une lingotière dont la partie inférieure se reposerait sur un massif quelconque.

Il est très-avantageux d'employer une telle disposition de doubles fours adossés; elle a permis à MM. Jackson d'établir sur les conduits de chaleur une chaudière à vapeur F (fig. 4), avec ses tubes bouilleurs G, afin d'utiliser le calorique des vingt fours, en plaçant alors la cheminée d'appel sur le prolongement des carneaux, en dehors de la fonderie.

Elle permet, en outre, d'appliquer au besoin l'*air comprimé* pour accélérer la fusion du métal en fermant simplement les passages aux extrémités des plans inclinés *g* au cendrier et devant les grilles par des registres en fonte ou des portes en tôle *h i*, et en chassant l'air sur les grilles par un tube *j*, mis en communication avec un ventilateur ou une machine soufflante quelconque.

Par cette application on a l'avantage de pouvoir employer, comme nous l'avons annoncé, des combustibles inférieurs au coke, comme des houilles, de l'*anthracite*, etc.

Ainsi il résulte de la disposition adoptée par MM. Jackson pour leur fonderie double, économie de construction, accélération et facilité de travail, économie de combustible et de main-d'œuvre, moins de déchets et meilleurs produits.

De chaque côté des fours, sont des espèces de caves F F′, ménagées sur le sol de la fonderie pour permettre une libre circulation aux ouvriers qui peuvent alors facilement faire le service, décrasser les grilles, etc.

FOURS DOUBLES A UNE SEULE GRILLE. — Les fig. 5 et 6 représentent un système perfectionné à double four ou double fonderie pouvant également marcher avec un seul cendrier, une seule grille, une ou deux cheminées, et avec ou sans l'emploi de l'air comprimé.

La fig. 5 est un plan général, vu en dessus de la sole des creusets, comprenant ainsi quatre fours doubles de chacun dix creusets.

La fig. 6 est une coupe verticale faite par le milieu de l'un de ces fours et de sa grille.

On remarque dans ces figures que les creusets *a*, au lieu de reposer

directement sur leurs grilles, comme précédemment, sont au contraire placés sur des soles en briques réfractaires S, qui sont séparées par une grille commune C et par les autels *k*, élevés à peu de distance au dessus.

Lorsqu'on veut fonctionner avec de l'air forcé, au-dessous de la grille C, c'est-à-dire dans l'intérieur du cendrier G, on fait déboucher l'extrémité du tuyau *j*, qui communique avec le ventilateur de la soufflerie dont nous avons parlé, afin d'y amener l'air comprimé à un degré plus ou moins élevé et en quantité proportionnelle au travail à obtenir.

Cet air forcé permet tout naturellemennt d'alimenter le foyer, comme nous l'avons dit, avec des combustibles inférieurs, c'est-à-dire avec de la houille, par exemple, au lieu de coke.

Or, en disposant les creusets comme le montre la coupe fig. 6, à quelque distance au-dessus, mais de chaque côté de la grille, tout le calorique qui se dégage du foyer, lorsqu'il est en combustion, s'élève jusque vers la voûte supérieure *v*, et se partage à droite et à gauche, pour se distribuer, en passant au-dessus des autels *k*, dans tout l'espace existant entre chaque creuset, et sortir par les carneaux *b* qui conduisent la fumée aux cheminées d'appel *c*.

A leur sortie, ces carneaux sont séparés par une cloison verticale *i* qui ne se prolonge que sur une petite étendue. On suppose alors que le double four qui existe de chaque côté de la grille et du cendrier est partagé en deux compartiments d'une certaine capacité propre à recevoir cinq creusets, par exemple, comme il est indiqué sur le plan fig. 5.

Chacun des compartiments peut être au besoin visité indépendamment l'un de l'autre, en ouvrant un regard pratiqué au-dessus et que l'on ferme par un bouchon en briques ou en terre réfractaire.

Par cette disposition de double four, de chaque côté d'une grille et d'un cendrier unique, on peut, au besoin, ne faire fonctionner qu'une partie, pendant que l'autre est en réparation et réciproquement.

MM. Jackson ajoutent que l'on peut aussi, soit profiter de la chaleur perdue pour chauffer une chaudière à vapeur, comme dans le précédent système, soit disposer le tuyau, qui doit amener l'air comprimé, dans le massif même des fours, de manière à ce que cet air soit élevé à un certain degré de température avant de se projeter sur le combustible qu'il doit alimenter.

On a donc ainsi l'avantage, sans aucune dépense supplémentaire de charbon, de marcher à volonté avec de l'air chaud, comme avec de l'air froid.

Four a grands creusets. — La fig. 7 représente un système de fours à un et à deux grands creusets pour s'appliquer à fondre une grande quantité de métal à la fois.

Ce système, proposé en 1853 par MM. Jackson, qui en ont fait l'objet d'une demande spéciale de brevet, est d'une grande simplicité d'exécution, car il consiste seulement en un foyer E, d'une capacité correspondante à

celle du grand creuset A, et par conséquent à la masse de métal sur laquelle on veut opérer; sa grille C peut être chargée, comme précédemment, d'un combustible inférieur au coke. On l'alimente par une ouverture antérieure semblable à celle *o* indiquée en coupe verticale fig. 8. Cette ouverture d'introduction se ferme avec une porte en fonte ou en tôle garnie intérieurement de briques ou de terre réfractaire.

La partie supérieure du foyer présente aussi une sorte de voûte V à plein cintre, qui est percée d'un certain nombre d'orifices ou de canaux obliques *b b*, par lesquels la flamme et la fumée peuvent se dégager et se rendre dans la capacité supérieure qui renferme le grand creuset A, ou au besoin deux creusets analogues, en augmentant alors les dimensions du fourneau. Il en résulte que toute la surface extérieure de ce creuset est complétement léchée par le calorique. Ce n'est donc qu'après avoir parfaitement chauffé toutes ses parties que la flamme et la fumée s'échappent dans les carneaux *c*, qui les conduisent soit à une cheminée commune, soit à des cheminées distinctes.

Plusieurs orifices sont ménagés sur le creuset pour permettre d'y introduire le métal et sont bouchés par des bouchons en terre *n* que l'on peut enlever quand on veut connaître le degré d'opération auquel on est arrivé.

Des ouvertures correspondantes sont aussi pratiquées dans l'épaissenr de la seconde voûte V′, ou de la maçonnerie qui recouvre le four, et elles sont fermées de même par des bouchons en terre *n′* que l'on retire chaque fois qu'il est nécessaire de vérifier le travail.

Le fond du creuset, qu'il est bon de faire légèrement en pente, est percé à une extrémité pour faire écouler le métal quand il est parvenu à son degré de fusion.

Pour introduire ce creuset dans l'intérieur du four, on a le soin de ménager sur le devant une large ouverture que l'on ferme avec une porte en fonte doublée également de terre réfractaire ou par tout autre moyen.

Des carneaux latéraux K sont pratiqués dans le massif et sur toute la longueur du four pour laisser circuler l'air atmosphérique et par suite refroidir la masse extérieure.

Pour activer la combustion on applique sous la grille un ou plusieurs tuyaux *j* que l'on met en communication avec l'appareil soufflant, afin d'envoyer dans le foyer un courant d'air forcé dont on règle d'ailleurs la pression et la quantité comme on le juge convenable.

Un robinet, une valve ou un registre *r* appliqué sur chaque tuyau permet toujours d'ouvrir plus ou moins et par conséquent d'augmenter ou de diminuer l'action du courant selon les besoins.

Si on veut employer de l'air chaud, il suffit de faire passer les tuyaux dans la masse même du four, afin qu'ils puissent être échauffés par le contact de celui-ci avant de se rendre au-dessous de la grille.

Four a grand nombre de creusets. — C'est ce qui est supposé sur

les fig. 8 et 9 qui représentent une disposition de four analogue, mais appliqué à chauffer une grande quantité de creusets *a* de moindre dimension, pour servir au besoin à fondre de fortes pièces de 4 à 500 kilogr. et plus.

On voit de même par ces figures que la disposition du four est semblable à celle qui précède ; elle n'en diffère en effet que par la forme et le nombre des creusets.

La sole sur laquelle reposent ces derniers et dont le dessous n'est autre que la voûte du foyer F, forme, par toutes ses ouvertures *b*, une sorte de grille en briques ou en terres réfractaires, laquelle livre, à la fois, un grand nombre de passages à la flamme et à la fumée.

Dans cette disposition comme dans les précédentes, toute la chaleur qui se dégage du combustible est parfaitement utilisée et on peut de même vérifier aisément les opérations successives toutes les fois qu'on le juge nécessaire.

On comprend sans doute que l'on peut ainsi disposer facilement plusieurs fours semblables adossés l'un à l'autre ou placés parallèlement et communiquant à une cheminée commune, comme aussi alimentés indistinctement avec de l'air froid ou avec de l'air chaud refoulé à des degrés convenables que l'on varie à volonté.

Toute la masse de chaque four est consolidée par des armatures en fer ou en fonte comme les fours ordinaires à *puddler* ou à *réchauffer*.

Enfin chaque appareil, quel que soit le nombre de foyers, et quelles que soient aussi la quantité et les dimensions des creusets, pouvant fonctionner séparément, permet toujours de faire la réparation d'un four pendant que les autres sont en activité.

C'est avec de telles dispositions que les auteurs parviennent à obtenir les résultats que nous avons mentionnés plus haut, c'est-à-dire à réaliser une économie notable sur le combustible, à mieux utiliser le calorique, à rendre le service des ouvriers plus facile, et à produire des pièces de grandes dimensions.

MOULINS A BLÉ.

MOULIN A VITESSE ACCÉLÉRÉE

COMMANDÉ PAR FRICTION ET PAR LE HAUT,

Par MM. **FROMONT**, **FONTAINE** et **BRAULT**,

CONSTRUCTEURS-MÉCANICIENS A CHARTRES,

ET MOULIN

COMMANDÉ PAR LE HAUT ET PAR COURROIES,

Par M. **DARBLAY**, négociant manufacturier à Corbeil.

(PLANCHE 19.)

On sait de quelle importance est, pour la bonne mouture du grain, l'ajustement de la position des meules l'une par rapport à l'autre, du rapprochement de leurs surfaces de travail. En effet, le grain introduit par l'œillard de la meule supérieure doit, après avoir été broyé plus ou moins grossièrement par la partie conique da la meule courante, être réduit, à la circonférence de cette dernière, à l'état de ténuité extrême que doit avoir la farine.

Il est donc nécessaire que les surfaces des meules, dans leur partie plane, soient extrêmement rapprochées l'une de l'autre, et qu'elles s'effleurent sans se toucher réellement.

Aussi, l'ajustement de la position des meules est une des opérations les plus délicates et les plus difficiles dans l'établissement d'un moulin. On comprend, en effet, que la moindre variation dans le rapprochement des meules est un inconvénient, et la dilatation du fer de meule, c'est-à-dire de l'arbre vertical qui fait tourner la meule courante, est souvent assez considérable pour produire un léger dérangement.

Cette dilatation varie naturellement avec la longueur de l'arbre qui, en raison de ce qu'il repose sur une crapaudine fixe et de ce que sa partie la plus longue est au-dessous de la meule mobile à laquelle il est adapté, sou-

lève la meule d'une quantité plus ou moins sensible s'il vient à s'allonger, et la laisse au contraire appuyer trop fortement sur le gîte ou la meule fixe, s'il se contracte.

Cet effet est à la vérité bien faible, mais cependant il faut en général un certain temps et des tâtonnements nombreux, avant d'arriver à donner à la crapaudine la hauteur nécessaire pour que la meule courante se trouve dans une bonne position.

Cet inconvénient disparaît complétement si l'on supprime le prolongement du fer de meule au-dessous de la meule courante, en faisant reposer ce fer par son pivot, sur une crapaudine située au-dessus du gîte, près de la nille.

Seulement cette disposition exige, on le comprend bien, que la commande de la meule courante se fasse par le haut. Cet arrangement, loin de présenter des inconvénients sous d'autres rapports, se trouve dans de très-bonnes conditions de stabilité d'établissement, et se prête facilement aux réparations.

L'idée de commander le fer de meule par le haut, au lieu de le faire par le bas, comme cela se pratique généralement, n'est pas nouvelle.

Déjà en 1835, M. Baron-Bourgeois établit à Pontoise un moulin à double meule courante, dont nous avons déjà eu l'occasion de parler (volume v de la *Publication industrielle*, page 369). Dans ce moulin, la meule supérieure recevait sa commande par le haut. Cette disposition était presque la conséquence de cela même que la meule inférieure, étant aussi courante, recevait sa commande par le bas, et empêchait conséquemment de conserver, pour la mise en mouvement de la meule supérieure, l'ancienne disposition.

Ce moulin, pour lequel M. Baron prit, à cette époque, un brevet d'invention de dix ans, se trouve décrit dans le vol. XLII des *Brevets expirés*.

M. Darblay demanda, le 18 août 1849, un brevet d'invention de quinze ans pour : un système de moulin, dans lequel la meule courante reçoit un mouvement supérieur, au lieu d'un mouvement inférieur, ce qui fait que cette meule est supportée par un arbre non tournant. Cet habile fabricant n'a pas tardé à en faire l'application dans son moulin de Saint-Maur.

MM. Fontaine, Fromont père et fils, et Brault, qui sont bien connus pour la construction des moulins, des moteurs hydrauliques, et en particulier pour les turbines dites *turbines-Fontaine*, ont également adopté la commande par le haut, dans leur nouvelle disposition de mouvement accéléré à friction, breveté dès 1853, en France et à l'étranger.

Nous avons représenté cette disposition et celle de M. Darblay dans les figures de la pl. 19.

DESCRIPTION DU MOULIN DE M. DARBLAY, COMMANDÉ PAR LE HAUT, ET REPRÉSENTÉ DANS LES FIG. 1 ET 2, PL. 19.

La fig. 1re fait voir une coupe verticale du système, faite suivant l'axe du fer de meule.

La fig. 2 représente une section horizontale faite par la ligne 1-2 et laissant voir le gîte, en vue extérieure et en plan.

Le gîte A est disposé dans une caisse en fonte B, et il repose sur les vis à niveler *a* qui servent à l'ajuster dans sa position horizontale. La caisse B repose sur un massif en maçonnerie C ou sur un beffroi en fonte.

Le gîte est traversé verticalement, à son centre, par un arbre en fer plein D, arrêté dans la position qu'il doit avoir, au moyen de collets *b b'* que l'on centre par des vis, et dont l'un est placé dans un boîtard en fonte G fixé au gîte, l'autre dans un boîtard pareil, venu de fonte avec la caisse B.

La hauteur de l'arbre D se règle au moyen de l'écrou à pivot E appuyant sur une espèce de crapaudine ou de plaque en acier *e* dans la cavité F, ménagée dans la maçonnerie. On fait à volonté tourner l'écrou E, à l'aide d'une clef *f*.

La meule courante H est suspendue, par la nille *h* à un arbre vertical et tubulaire I.

Cet arbre pivote sur une crapaudine *i* mobile elle-même ; c'est-à-dire que sa partie inférieure porte une sorte de pivot qui repose sur une seconde crapaudine formant l'extrémité supérieure du petit arbre vertical D.

A sa partie supérieure, l'arbre I tourne dans un collet ou coussinet en bronze *j*, placé dans une cuvette venue de fonte avec le support transversal K, fixé aux colonnes L.

Immédiatement au-dessus de ce support, la poulie de commande M est calée sur l'arbre I (1).

L'arbre tubulaire sert en même temps d'engreneur. A cet effet, cet arbre est surmonté d'un tube J, traversant le plancher supérieur N, et dans lequel un conduit O amène le grain.

L'extrémité inférieure de l'arbre I porte, dans l'œillard même de la meule courante, deux petites branches tubulaires *k* qui déchargent le grain entre les meules, après que celui-ci a traversé l'arbre, dans toute sa longueur.

Pour empêcher l'engorgement du support *b*, et pour diriger entre les meules le grain déjà chassé par la force centrifuge, une sorte de toit conique *l*, en tôle, a été adapté à l'arbre D, par-dessus l'œillard du gîte.

DESCRIPTION DU MOULIN A FRICTION DE MM. FROMONT, FONTAINE ET BRAULT, REPRÉSENTÉ SUR LES FIG. 3 A 7 DE LA PL. 19.

Les autres figures de la planche 19 font voir la disposition de moulin à friction, commandé par le haut, imaginée par MM. J.-L. Fromont, L.-C. Fromont, P.-L. Fontaine et A. Brault, tous quatre constructeurs associés à Chartres, et qui se sont fait breveter pour ce système, le 7 avril 1853.

Les perfectionnements que ces inventeurs ont apportés dans la construction et la disposition du mécanisme des moulins à blé, comprennent plusieurs parties essentielles, que l'on peut indifféremment appliquer ensemble ou séparément.

(1) Voir, pour les meules commandées par courroies, les moulins dont nous avons donné la description, vol. III, pl. 1, et vol. V, pl. 20.

Le premier point concerne le mode de communication de mouvement à l'arbre des meules, par une disposition qui a le mérite de rendre la *friction* facilement applicable, en se servant à cet effet d'un arbre intermédiaire auquel on communique une vitesse de rotation sensiblement plus considérable qu'à l'arbre de la meule.

Que l'on imagine, pour cela, une grande roue ou poulie horizontale animée déjà d'une grande vitesse, et mise en contact avec une autre poulie plus petite dont la circonférence est garnie comme elle d'un cuir ou de toute autre substance propre à produire une certaine adhérence; si on suppose que la première poulie reçoive, par exemple, une vitesse de 80 à 100 révolutions par minute, elle pourra transmettre à la plus petite, que l'on fera appuyer contre elle, une vitesse de 4 à 500 tours, suivant le rapport établi entre leurs diamètres.

Or, sur l'axe de cette seconde poulie, on rapporte un pignon denté qui engrène avec une roue droite montée sur le fer de meules, de manière à transmettre à celui-ci une vitesse 3 ou 4 fois moins grande.

On comprend déjà que, par une telle combinaison, la transmission de mouvement peut très-bien se faire par le simple contact des poulies, car alors il faut une très-faible pression pour que l'une entraîne l'autre par l'adhérence, puisque leur vitesse à la circonférence est extrêmement grande. Les inventeurs appliquent d'ailleurs, dans un tel système, un mode de serrage, de pression ou d'embrayage qui permet de mettre en marche ou d'arrêter le mouvement avec la plus grande facilité.

Le second point sur lequel portent ces perfectionnements est relatif au boîtard proprement dit, qui embrasse le collet du fer de meules.

On sait que généralement les boîtards sont exécutés de manière à faire complétement corps avec la meule gisante, c'est alors celle-ci qui leur sert de support.

Le système de MM. Fromont, Fontaine et Brault consiste au contraire à rendre le boîtard entièrement indépendant de la meule : au lieu de le sceller à celle-ci, ils le disposent de telle sorte qu'il repose sur le massif même qui sert d'assise ou de plate-forme à tout le moulin.

Cette disposition est surtout avantageuse dans le cas où les meules sont placées au rez-de-chaussée, à peu de distance au-dessus du sol.

Le troisième point concerne, comme nous l'avons dit, l'application à ce système, de la commande des meules courantes par la partie supérieure. Cette transmission de mouvement a lieu à l'aide d'un arbre creux qui s'assemble par un double manchon à griffes, d'une part, avec la nille et de l'autre avec un second arbre vertical formant le prolongement du premier auquel il sert de pivot.

Ce second arbre, qui tourne comme le précédent, traverse le boîtard indépendant dont nous venons de parler et repose sur une crapaudine logée à la partie inférieure. Un système de balancier et de vis permet de soulager comme à l'ordinaire.

Les fig. 3 et 4 du dessin pl. 19 représentent en section verticale et en projection horizontale le système de communication de mouvement par friction à vitesse accélérée, appliqué à des moulins marchant en dessus, mais qui pourraient également être applicable à ceux commandés par le bas.

La fig. 5 est une coupe verticale, à une échelle plus grande, de l'un des systèmes de meules, vu dans tous ses détails.

On voit que le mécanisme que les auteurs ont imaginé consiste simplement en une roue droite en fonte A, à dents de bois, placée sur le sommet de l'arbre vertical B ou le fer de meules proprement dit ; cet arbre est creux dans toute sa hauteur et se termine par une cuvette en fonte C dans laquelle est une soucoupe *a* (fig. 5) pour recevoir le blé à moudre que l'on fait venir de la trémie supérieure par le tuyau incliné *b*.

Ce mode remplace l'engreneur fixe qui est ordinairement employé dans les moulins à l'anglaise. Pour régler la quantité de grains qui doit passer à la fois sous les meules, on écarte plus ou moins la partie inférieure mobile du tube *b* au moyen du balancier en fer ou en fonte *d*, à l'extrémité duquel est rapporté un écrou à rotule *e*, qui donne passage à la tringle filetée *f* que l'on prolonge en contre-bas afin de permettre de régler la distribution à l'étage même des meules.

Un support en fonte D, dans lequel sont ajustés quatre coussinets de bronze *c*, que l'on sert au degré convenable par des vis de pression, est traversé dans toute sa hauteur par l'arbre vertical B, auquel il sert de boîtard en le maintenant exactement par le haut.

Ce support est fondu avec la grande plate-forme ou le croisillon à plusieurs branches E, qui réunit autant de mécanismes semblables que le moulin comprend de paires de meules.

La roue droite A engrène avec le pignon en fonte F, qui est fixé sur l'arbre intermédiaire G, lequel porte la poulie horizontale H ; cette poulie est aussi en fonte, mais elle est garnie sur sa circonférence extérieure d'un cuir plus ou moins épais que l'on fait porter exactement sur tous ses points. Mise en contact avec la paroi extérieure également garnie et tournée de la grande poulie K, que l'on voit bien sur le plan et l'élévation d'ensemble (fig. 3 et 4), elle est facilement entraînée par la rotation rapide imprimée à cette dernière avec une pression très-faible.

En effet, que l'on suppose, par exemple, qu'une meule de $1^m 30$, marchant à la vitesse normale de 120 révolutions par minute, ce qui correspond à une vitesse de $8^m 20$ par seconde à la circonférence extérieure, que l'on suppose, disons-nous, qu'une telle meule en travail exige une puissance motrice de 2 1/2 à 3 chevaux, soit en moyenne de 200 kilogrammètres ! En attaquant cette meule directement, soit par une poulie, soit par un engrenage, d'un diamètre égal au sien, il faudrait un effort correspondant à une pression de 24 à 25 kilogrammes environ pour l'entraîner.

Or, si on veut commander par la friction directe, une telle pression est

trop considérable, il y a glissement sensible, ou il faudrait que les deux roues ou les deux poulies en contact fussent d'une largeur énorme, qui ne pourrait être adoptée dans la pratique.

Par le système de vitesse accélérée que l'on vient de voir, un tel inconvénient n'a pas lieu, parce que la pression et par suite l'effort à transmettre sont notablement réduits.

Ainsi, en admettant que le rapport entre les diamètres des deux engrenages A, F, soit de 1 à 4, l'axe intermédiaire G devra faire 500 tours par minute, pendant que le fer de meule B n'en fait que 120. Et si la poulie H, qui est commandée par la grande K, a 0^m65 de diamètre, c'est-à-dire moitié de celui de la meule, on voit que la vitesse à sa circonférence sera de 16^m40 par seconde, soit le double de celle à l'extérieur de cette meule. Par conséquent la pression nécessaire pour la faire mouvoir est à peine de 12 à 12,5 kilogrammes.

On pourrait encore réduire ce chiffre en augmentant le rapport des engrenages, et par suite la vitesse des poulies.

On comprend alors qu'un tel système devienne réellement pratique, sans exiger de dimensions exagérées et sans crainte de glissement.

On détermine la pression ou le contact de la poulie commandée H contre la poulie motrice K, en disposant l'axe G dans un support mobile en fonte J, qui fait l'office de levier ou de balancier dont le centre d'oscillation n'est autre que celui du fer de meule.

Pour cela, ce support est fondu avec une douille verticale J', qui est alésée à l'intérieur pour embrasser le boîtard D tourné extérieurement. Il repose en outre sur des parties horizontales bien dressées de la plate-forme E; par conséquent, on peut aisément le faire pivoter sur lui-même, tout en maintenant les deux roues A, F, constamment engrenées au même degré.

Une saillie L est aussi venue de fonte avec la plate-forme, pour servir de point d'appui au ressort de pression *g*, qui peut être construit de différentes manières, et qui s'applique en même temps contre le bout du balancier J.

Par cela même que l'effort est très-faible, on conçoit sans peine que la pression de ce ressort qui agit à une distance double du point fixe, par rapport au centre de la poulie H, est suffisante pour forcer cette poulie à adhérer à celle qui la commande, et par suite à être entraînée par elle dans sa rotation rapide.

On peut d'ailleurs augmenter la tension de ce ressort, la régler au degré convenable, au moyen de la vis de rappel *h*, qui a son écrou logé dans l'épaisseur renflée de la saillie L, et qui porte une manivelle ou un petit volant *i* que l'on fait tourner à la main.

Cette vis de rappel sert en même temps à débrayer ou à arrêter la marche de la meule, car il suffit de la détourner, c'est-à-dire de lui faire faire quelques tours en arrière pour rappeler le balancier, et par conséquent pour

dégager la poulie H, qui cesse de tourner dès qu'elle n'est plus en contact avec celle de commande K.

En assemblant la vis avec le bout du balancier, par une sorte de charnière, ou de rotule, ou par un autre moyen convenable, on peut faire en sorte qu'elle appelle ou repousse le levier, en restant dans sa direction rectiligne, quoique celui-ci décrive un arc de cercle, qui est d'ailleurs très-peu sensible. Mais nous devons le dire, le rappel n'est pas indispensable, lorsqu'on applique un ressort convenable.

L'axe vertical G, tournant très-rapidement, doit être constamment bien lubrifié; son pivot *j*, appliqué à sa partie inférieure, ne présente, à cet effet, aucune difficulté, car il peut être graissé, comme on le fait habituellement pour les arbres verticaux; mais son collet supérieur n'offrait pas la même facilité, à cause de l'action de la force centrifuge, qui tend à projeter l'huile au dehors.

Les constructeurs sont parvenus à remplir le but, en évitant toute perte d'huile ou de graisse par la disposition même représentée sur la fig. 5, laquelle consiste à rapporter au sommet recourbé du balancier un bout d'axe fixe *k*, qui fait l'office de goujon ou de centre : l'extrémité inférieure de ce centre fixe est aciérée et embrassée par un coussinet de bronze *l*, ajustée dans l'évidement cylindrique du renflement qui surmonte l'axe G, et qui se prolonge, en forme de vase, pour servir de réservoir que l'on peut fermer hermétiquement par le haut.

Par cette disposition, l'huile renfermée dans ce réservoir graisse constamment les parties en contact du coussinet mobile et de l'axe fixe, et ne peut nullement s'échapper au dehors.

Une telle disposition de mouvement est évidemment applicable au système de moulin qui serait commandé par le bas au lieu de l'être par le haut; seulement, les pièces indiquées changeraient naturellement de place par rapport aux meules.

La seconde partie de l'invention à décrire concerne, comme nous l'avons dit, le boîtard proprement dit, lequel est représenté en coupe verticale sur la fig. 5 de la même planche.

On reconnait par ces figures que la construction de ce boîtard est entièrement différente de ceux que l'on exécute en général; ainsi, au lieu d'être formé d'un tambour en fonte scellé dans le centre de la meule gisante, et contenant les coussinets, les coins et les vis de pression, il se compose, au contraire, d'un canon ou support en fonte M, formant empâtement à sa base inférieure, pour reposer et se fixer par des boulons, soit sur un massif en pierre N, soit sur des piédestaux ou des pilastres en fonte l'élevant à la hauteur convenable au-dessus du sol.

Ce support est alésé à l'intérieur pour recevoir la douille cylindrique et verticale O qui, dans le cas actuel, sert à la fois à porter dans le bas le pivot *m* de l'arbre vertical en fer B′, et à sa base supérieure le coussinet en bronze *n* dans lequel tourne cet arbre.

Dans le cas où la commande aurait lieu par le bas, la douille cylindrique serait entièrement ouverte à sa base inférieure pour donner passage au fer de meule.

Il suffit, pour fermer l'ouverture centrale pratiquée dans le gîte, de la couvrir avec le disque ou plateau de fonte *o*, qui repose sur le sommet du support M.

On voit que, par cette disposition, le boîtard est rendu, comme nous l'avons dit, tout à fait indépendant de la meule gisante T, qui est renfermée dans la couronne ou la cuvette de fonte P, où elle est solidement maintenue, d'une part, par les vis latérales *p* qui servent à la centrer, et de l'autre par les vis verticales *p'* qui servent à la niveler.

Dans la disposition particulière qui nous occupe, comme on suppose que la commande de la meule a lieu par le haut, le bout d'arbre vertical B' porte à son sommet le pointal aciéré *q* sur lequel repose le milieu de la nille *r*, qui est, comme d'habitude, scellée par ses deux branches dans la meule courante U.

L'assemblage de la nille avec le fer de meule a lieu au moyen du double manchon à griffe S détaillé fig. 6 et 7, et dont une partie, celle inférieure, est fixée sur le sommet de l'arbre vertical B', et l'autre, celle supérieure, fait corps avec l'extrémité de l'arbre creux B qui en est le prolongement.

Par cette disposition le mouvement de rotation imprimé à cet arbre creux se transmet non-seulement à la nille et à la meule courante, mais encore à l'arbre vertical B' qui tourne ainsi à la même vitesse sur son pivot et dans son collet. La meule se trouve donc exactement dans le même cas que si elle était commandée par la partie inférieure; elle ne supporte pas le poids de l'arbre de l'engrenage ou de la poulie qu'il commande, ni des autres pièces qui y seraient adhérentes. Lorsqu'elle est bien réglée sur la meule gisante elle est dans les meilleures conditions pour produire une bonne mouture.

Nous avons dit que le blé qui tombe de la trémie dans l'engreneur est amené par l'intérieur de l'arbre vertical B qui lui sert de conduit, jusqu'à l'œillard de la meule. A cet effet, deux ouvertures latérales inclinées sont pratiquées à la jonction de cet arbre et de son manchon pour donner issue aux grains et les diriger à la circonférence qui forme l'entrée des meules.

On soulage ou on règle l'écartement de chaque paire de meules par un système de tringle, de balancier, et de tige filetée, comme dans les moulins ordinaires; le tout est à la portée du garde-moulin, qui tâte sa mouture et qui a ainsi toutes les facilités de faire le travail qu'il juge convenable.

MACHINES A VAPEUR

HORIZONTALES ACCOUPLÉES,

SYSTÈME A MOYENNE PRESSION, A CONDENSATION

ET A DÉTENTE VARIABLE,

Construites par **M. E. BOURDON**, ingénieur-mécanicien,

ACTIONNANT LE MOULIN DE 12 PAIRES DE MEULES

Exécuté par **M. CALLA**, constructeur à Paris,

Pour **M. GOSME**, négociant meunier à Odessa.

(PLANCHES 20 ET 21.)

Lorsque M. Gosme fils, sans contredit, l'un de nos meuniers les plus intelligents et les plus éclairés, revint en France, en 1849, après avoir séjourné six à sept ans en Russie, pour diriger des moulins à farine, il eut le projet de monter à Odessa, avec le secours de quelques actionnaires exclusivement français, un moulin à vapeur de 12 paires de meules, avec la certitude de gagner la valeur de l'établissement en quelques années.

Connaissant bien le pays, il apportait des comptes exacts qui démontraient que ce serait en effet une très-bonne spéculation, surtout en présence de ce fait positif et vraiment curieux que, quoique en Russie, le blé ne coûte, année commune, que 5 à 7 francs l'hectolitre, on y paie encore le pain blanc, à raison de 25 à 30 centimes le demi-kilogramme. Tout le bénéfice est pour la meunerie et la boulangerie. Aussi M. Gosme n'eut pas de difficulté à former une société, composée d'ailleurs de l'élite de nos négociants dans ce genre à Paris, et à faire immédiatement exécuter ici tous les appareils nécessaires.

C'est à ce sujet qu'il voulut bien nous consulter pour la meilleure disposition à adopter comme moteur, et comme transmission de mouvement aux meules. Déjà il savait, d'après ce que nous avions publié dans nos pre-

miers volumes, qu'il est de la plus grande importance, pour obtenir une régularité parfaite, que le volant de la machine soit calculé de manière à emmagasiner une force convenable, et à marcher à une vitesse telle que son énergie dépasse constamment celle des meules.

Il fallait, pour un moulin de 12 paires de meules, devant avoir 1^{m}50 de diamètre, tourner à plus de 100 révolutions par minute, et faire proportionnellement beaucoup plus de travail qu'on n'en obtient habituellement avec celles de 1^{m}30 des usines bien montées aux environs de la capitale; il fallait, disons-nous, compter sur une puissance motrice de 48 à 50 chevaux-vapeur.

Or, pour adopter une seule machine, dans ce cas, il eût fallu la faire à deux cylindres du système de Woolff, à balancier, car l'appareil à un seul cylindre, pour ne pas consommer trop de combustible eût dû être à grande détente, et par suite eût exigé un volant énorme pour permettre d'en espérer la régularité nécessaire; il eût coûté d'ailleurs presque autant que la machine à deux cylindres, par l'augmentation de force à donner aux pièces principales, afin d'éviter les ruptures (1).

On sait que les machines à balancier exigent des points d'appui très-solides, et par suite des fondations considérables qui descendent parfois à des profondeurs de 5 à 6 mètres et plus. Outre qu'il n'est pas toujours possible d'établir les massifs suffisants, soit parce qu'on n'a pas les matériaux, les pierres convenables, soit parce que le sol lui-même ne s'y prête point, ils ont l'inconvénient d'être très-dispendieux et d'augmenter notablement le prix du moteur.

Nous avons conseillé à M. Gosme d'adopter un système de machines à détente accouplées, et horizontales de force égale (24 à 25 chev.), qui auraient l'avantage d'offrir par leur combinaison une grande régularité, sans exiger un volant puissant, et qui pourraient se surveiller avec facilité, tout en étant à la portée du chauffeur ou du mécanicien. De telles machines auraient en outre, disions-nous, l'avantage de se monter sur des assises en pierres de 2 mètres environ, ce qui ne forcerait pas à creuser profondément le sol, et de permettre au besoin de ne marcher qu'avec une seule machine, lorsque pour une cause quelconque il y en aurait une d'arrêtée. Elles ne devaient d'ailleurs pas revenir à un prix sensiblement plus élevé qu'une machine d'une puissance double à deux cylindres et à balancier exécutée comme celles accouplées dans de larges proportions.

C'est d'après cet avis que M. E. Bourdon, de Paris, qui déjà occupé d'un tel système, en avait établi un modèle sur une force de 12 à 15 chevaux pour activer son établissement, fut chargé de la construction entière de ces machines, lesquelles, lors de l'Exposition de 1849, furent

(1) Nous avons déjà eu l'occasion de citer une minoterie à vapeur importante, mise en action par une machine à haute pression et à condensation de la force de 45 à 50 chevaux, qui, malgré les grandes dimensions et la vitesse données au volant placé sur l'arbre intermédiaire, a éprouvé plusieurs fois des accidents graves qui ont occasionné la rupture de différentes pièces.

visitées, dans ses ateliers, par des personnes notables, par des hommes éclairés qui en constatèrent l'heureuse disposition et en même temps la bonne exécution.

En 1850, elles étaient montées à Odessa, et faisaient marcher les douze paires de meules, construites par M. Calla, avec la plus grande aisance, et la plus parfaite régularité. M. Gosme nous apprit en 1852, que tout le matériel de l'usine qui avait coûté près de 150,000 francs, sans le bâtiment, avait été complétement gagné par les bénéfices de l'année. Nous sommes heureux de constater un tel résultat.

Les machines à vapeur étant horizontales, occupent très-peu de hauteur, et n'exigent pas, par suite, des fondations énormes, comme celles qui sont disposées verticalement en hauteur. Présentant plus de surface de base, elles sont par cela même mieux assises, et peuvent se fixer au sol, sur des maçonneries peu élevées; on pourrait à la rigueur les assujettir sur des charpentes.

Au lieu de placer le volant sur l'arbre de couche des deux machines, on l'a monté sur l'arbre intermédiaire qui communique aux moulins, et qui marche avec une vitesse trois fois plus considérable que le premier; par conséquent on a pu se contenter d'appliquer un volant d'un faible poids, et dont cependant l'énergie dépasse notablement celle des meules, condition indispensable pour produire la régularité qui est si nécessaire dans le travail de celles-ci.

On a souvent objecté que les machines horizontales avaient l'inconvénient d'ovaliser les cylindres à vapeur, par le poids du piston. Mais cette objection n'est plus sérieuse depuis qu'on s'est convaincu que cet inconvénient n'existe pas; ainsi, des machines à cylindre horizontal fonctionnent depuis plus de 10 ans; toutes les locomotives sont construites sur ce système depuis 1827, et enfin un grand nombre d'appareils exécutés pour les mines, pour les forges et pour la marine, dont plusieurs sur des forces de 200, 300 et même 400 chevaux, n'ont jusqu'ici rien laissé à désirer sous ce rapport; quoique dans la plupart, la vitesse du piston soit assez considérable (1).

Les machines sont calculées pour marcher à la vitesse ordinaire de

$0^{m}90$ à 1 mètre par seconde,
et avec une course de $1^{m}16$;

ce qui correspond à une vitesse de rotation de 24 à 25 tours par minute.

En voyant des appareils, comme les locomotives, et certaines machines de forge, marcher avec des vitesses de 100 à 150 révolutions par minute, il devait paraître assez naturel qu'on dût faire, dans le cas actuel, des machines à grande vitesse, et par suite à petite course.

(1) Voir les vol. v, vi, vii et viii qui contiennent des appareils de ce genre, d'une grande puissance, et en particulier les machines de Saint-Germain.

Sous le rapport de la construction, il eût été, sans doute, d'une économie considérable, d'établir de telles machines, mais il y avait avant tout à envisager les questions d'entretien, de durée, et d'économie.

Il est certain qu'une machine de 24 chevaux, établie pour marcher à la vitesse de 50 tours par minute, n'eût coûté qu'environ les deux tiers de celle de même force qui ne doit marcher qu'à la vitesse de 25 tours (abstraction faite des chaudières supposées les mêmes dans l'un et l'autre cas), car les dimensions de toutes les pièces seraient devenues beaucoup plus petites; ainsi le cylindre à vapeur, la tige du piston, la bielle, la manivelle, etc., eussent été réduites de moitié de longueur; et par cela même les autres dimensions auraient été aussi notablement diminuées.

Mais l'usure de toutes ces pièces, marchant très-vite, aurait été plus rapide, et par conséquent les frais d'entretien, de réparation beaucoup plus considérables. En outre, comme il est de toute impossibilité de bien utiliser la *détente* ou la *force expansive* de la vapeur, dans des machines à petite course et à grande vitesse, on eût dépensé évidemment plus de combustible.

Or, pour un établissement situé dans une localité où le charbon est cher, et qui n'est pas à proximité des ateliers de mécanique, il fallait évidemment adopter un système de machine solide, peu susceptible de dérangement, exigeant le moins possible de réparations, et ne consommant pas beaucoup de combustible.

C'est aussi par cette dernière considération, que les machines sont à condensation et à détente variable.

Nous l'avons déjà dit, les machines à haute pression, sans condensation, sont plus simples, mais elles ne permettent pas de profiter de l'expansion de la vapeur, à un degré aussi élevé, que celles dans lesquelles on fait le vide par la condensation.

Ainsi une machine à vapeur, marchant à 4 atmosphères, sans condenser, ne peut fonctionner convenablement qu'avec une détente de 3/4, c'est-à-dire en admettant la vapeur dans le cylindre pendant 1/4 de la course du piston, et en l'y laissant agir par expansion, pendant tout le reste de la course; parce que le piston a toujours à vaincre la pression atmosphérique qui s'oppose à sa marche;

Tandis qu'une machine à condensation, marchant à une telle pression, ou même à une tension beaucoup moindre, peut fonctionner avec une détente de 7/8, de 9/10, de 15/16 et même plus grande, c'est-à-dire, avec une introduction de vapeur de 1|8, de 1/10 et moins, dans le cylindre, et avec expansion pendant tout le restant de la course, parce qu'il y a toujours du vide derrière le piston, du côté opposé à l'introduction de la vapeur, et que par suite ce dernier n'éprouve que peu de contre-pression.

Quoique nous ayons déjà donné, dans plusieurs des volumes précédents, les dessins de diverses dispositions de moteurs à vapeur, avec des calculs et des données pratiques sur ce genre d'appareils, nous demandons la per-

mission d'accompagner la présente description d'une partie des notes et observations que nous avions rédigées, au sujet de ces machines, pour M. Gosme spécialement, qui, en manufacturier éclairé, tenait à être renseigné, afin de ne pas être sous la dépendance de ses chauffeurs ou mécaniciens conducteurs.

DESCRIPTION DES MACHINES ET CHAUDIÈRES REPRÉSENTÉES PL. 20 ET 21.

Sur le dessin (pl. 20), la figure 1re représente un plan général des deux machines accouplées, actionnant le même arbre de couche, avec la vue en dessus des générateurs et une section horizontale de leurs fourneaux.

La fig. 2 est une élévation latérale extérieure de l'une des machines, avec la coupe verticale des massifs. Nous avons profité de cette gravure pour y indiquer le système de chaudières à flammes renversées que construit depuis quelque temps la maison Cail et Ce.

La fig. 3 montre une section transversale de ce système, faite suivant la ligne 1-2, et la figure 4 une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 3-4.

Sur le dessin (pl. 21), la fig. 5 représente une coupe verticale et longitudinale faite vers le milieu de l'une des machines, en passant par l'axe du cylindre à vapeur, du condenseur, et de la pompe à air.

La fig. 6 en est un plan également coupé par l'axe du cylindre et de la distribution.

La fig. 7 montre une vue de face du même cylindre mais du côté des tiroirs et de leur mécanisme.

La fig. 8 en est une section transversale suivant la ligne 5-6.

La fig. 9 donne les détails du piston à vapeur, et la fig. 10, la vue intérieure de la pompe d'alimentation.

Les deux machines étant destinées à marcher ensemble, sont disposées de telle sorte que les manivelles se trouvent à très-peu près à angle droit, et par suite, quand le piston à vapeur de l'une est à la fin de la course, l'autre est vers le milieu; cette disposition permet d'éviter les points morts, et d'obtenir une suffisante régularité de mouvement, quoiqu'on marche à de grandes détentes, et que le volant ne soit pas d'une forte dimension.

Les cylindres à vapeur A sont en fonte, alésés intérieurement au même diamètre de 0m54; ils sont enveloppés d'une chemise B, également en fonte, et dans laquelle on fait arriver un filet de vapeur, par le robinet *a*, pour maintenir constamment, autant que possible, les cylindres à la température de la vapeur dans les chaudières, et par suite pour y obtenir la même pression que dans ces dernières.

Il y a des constructeurs qui ont disposé les enveloppes de manière à recevoir la vapeur sortant du cylindre, avant de se rendre à la condensation, mais il a été constaté, par expérience, que ce système est vicieux et est bien loin de remplir le but que l'on propose, lorsque la machine marche à

détente, parce que la vapeur diminuant successivement de pression et de température, à mesure que le piston qu'elle pousse avance vers l'extrémité de sa course, on conçoit qu'elle se trouve alors, en en sortant, bien plus froide, et que par conséquent elle ne tend qu'à refroidir le cylindre plutôt que de le maintenir à la température qu'il acquiert pendant l'introduction. C'est donc comme si on n'avait pas d'enveloppe que l'employer ainsi.

D'autres constructeurs font venir la vapeur directement de la chaudière dans l'enveloppe, avant de passer à la distribution et de là au cylindre; mais cette disposition, quoique bien préférable à la précédente, n'est pas encore la meilleure, parce que la vapeur dans ces passages successifs, en contact avec de grandes surfaces, tend nécessairement à se refroidir, et ne peut par suite conserver, en entrant dans le cylindre pour agir sur le piston, la température qu'elle avait en sortant de la chaudière; de sorte que le but n'est pas encore complétement atteint.

Si, au contraire, on fait venir la vapeur motrice directement de la chaudière dans la boîte de distribution, et si en même temps, on en laisse arriver un petit filet dans l'enveloppe, on est à peu près certain qu'il n'y a pas de différence notable entre la température de cette vapeur lorsqu'elle entre dans le cylindre, et celle qu'elle avait à sa sortie de la chaudière. Ce but est d'autant mieux atteint que la chemise est elle-même entourée d'un feutre épais, et par-dessus d'une autre chemise en bois cerclée, pour éviter tout contact avec l'air extérieur.

Contre la partie latérale de chaque cylindre et de son enveloppe est rapportée la boîte de distribution C ajustée et boulonnée de manière à ne présenter aucune fuite par les joints.

Cette boîte reçoit la vapeur qui doit produire son action sur le piston, par le tuyau d'arrivée *b* (fig. 1 et 2), lequel se divise en deux branches *b'* pour alimenter à la fois les deux machines. Chacune de ces branches est munie d'un robinet à la disposition du chauffeur ou du mécanicien, pour permettre d'arrêter l'une ou l'autre à volonté. A leur sommet est rapportée la boîte à soupape *c*, qui, en communication avec le modérateur à boules U, permet de régulariser la vitesse des machines en mettant leur puissance en rapport avec la résistance.

Dans la boîte de distribution est renfermé le tiroir ou diaphragme mobile *d*, qui reçoit un mouvement rectiligne alternatif en rapport avec la marche du piston, pour ouvrir et fermer alternativement les orifices *e*, *e'*, dont l'un communique avec l'une des extrémités du cylindre, à droite du piston, et l'autre avec celle de gauche, afin de permettre à la vapeur d'entrer tantôt d'un côté et tantôt de l'autre.

Il importe beaucoup que la face dressée du tiroir s'applique toujours exactement contre celle correspondante de son siége qui est également dressé avec soin pour ne pas laisser de passage à la vapeur par ce joint mobile. — Aussi il est utile après un certain temps de travail de vérifier si ces surfaces coïncident bien entre elles. C'est pourquoi la boîte à vapeur

peut, être mise entièrement à découvert, par le couvercle latéral C qui est boulonné sur le devant.

Nous ferons voir plus loin, comment le jeu du tiroir s'effectue, et par suite celui de toutes les parties principales des machines.

Le piston à vapeur D contenu dans chaque cylindre, est un diaphragme circulaire mobile, composé d'une garniture métallique et élastique sur toute sa circonférence, pour coïncider parfaitement avec les parois intérieures. Il est destiné à recevoir successivement à droite et à gauche, toute la pression de la vapeur qui arrive dans le cylindre et à transmettre la puissance aux autres pièces.

Sa tige E est en fer forgé et assez forte pour résister non-seulement à la pression, mais encore à la flexion; elle traverse le stuffingbox *f*, qui est adapté au couvercle du cylindre. Pour être constamment maintenue dans une direction horizontale et rectiligne, pendant sa marche, la traverse en fer *g*, qui est ajustée sur la tête de cette tige et qui sert à la réunir à la bielle F, porte des glissières *h*, mobiles dans les coulisses droites *i* formées sur les deux côtés du bâti de fonte G.

Quelquefois au lieu de glissières, on emploie des galets qui roulent également dans des coulisses, mais ceux-ci ne portant que sur des surfaces très-étroites sont plus susceptibles de prendre du jeu que des coussinets dont les surfaces en contact sont très-larges : ils ont de plus l'inconvénient de ne pas permettre de remédier aussi aisément à l'usure que les glissières.

La bielle motrice F, étant une pièce principale, est d'une forte dimension et en bon fer corroyé. Elle paraît d'un fort diamètre, comparativement à la force de la machine; cela a été fait avec une bonne intention. Car il ne faut pas seulement qu'elle résiste à l'effort de flexion, à la pression moyenne qui a lieu sur le piston, mais encore à la pression maximum que celui-ci est susceptible de recevoir toutes les fois que la vapeur s'introduit dans le cylindre.

Or, comme on l'a vu plus haut, la tension de la vapeur au moment où elle arrive sur le piston au commencement de la course est 4 à 5 fois plus considérable que vers la fin de la course après s'être détendue, il faut que la bielle ne puisse fléchir dans aucune position (1).

Sa longueur, d'axe en axe des coussinets d'assemblage, est de $2^m 90$, c'est-à-dire 5 fois celle de la manivelle H qui a $0^m 58$. Dans bien des machines, on ne donne à la bielle que 4 fois, et même souvent 3 à 3 1/2 seulement le rayon de la manivelle; c'est un avantage pour le mécanicien, qui par cela même, économise non-seulement sur les dimensions de cette pièce importante, mais par suite et surtout sur celles du bâti qui devient plus court et moins pesant. Toutefois c'est au détriment de la force utilisée, car plus une bielle est courte, plus les angles qu'elle forme avec la tige du

(1) Nous avons donné dans le vol. VIII les règles pratiques pour les dimensions des bielles en fer et des bielles en fonte.

piston sont grands, et par conséquent, plus il y a de puissance perdue; c'est le contraire avec une bielle longue; aussi le rapport de 5 à 1 est-il très-convenable et doit-il être adopté pour les bonnes machines bien entendues. L'autre extrémité de la bielle est assemblée par articulation avec le bouton *j* de la manivelle. Cet assemblage se fait par une paire de coussinets en bronze qui embrassent le bouton, lequel est fixe dans le manneton de la manivelle; pour régler le serrage, il y a une contre-clavette derrière la clef, qui est disposée avec une vis et un écrou, afin de serrer, sans frapper, comme on est obligé de le faire, sur une clef ordinaire. La même disposition a été adoptée pour la tête de la bielle qui forme fourche pour passer de chaque côté de la tige du piston.

La manivelle H est aussi en fer corroyé, pour présenter toute la sécurité désirable comme solidité, tout en étant d'un poids moindre que si elle était en fonte (1).

Les deux manivelles sont fixées d'une manière très-solide à l'extrémité de l'arbre de couche I, qui reçoit ainsi la puissance des deux machines lorsqu'elles sont en fonction. Cet arbre est également en fer forgé, et d'un diamètre calculé pour résister à un effort de torsion correspondant à la force nominale de 48 chevaux, avec la vitesse de 25 révolutions par minute, quoiqu'à vrai dire il n'ait réellement jamais à supporter cet effort, puisque les deux manivelles qui agissent sur lui sont à angle droit, et qu'elles sont adaptées à ses deux extrémités.

Mais on a cherché, dans ces machines, à donner à toutes les pièces importantes, qui sont susceptibles de fatiguer ou de recevoir de grands efforts, de larges dimensions, tout en les faisant en matière de bonne qualité, afin d'être certain de ne pas avoir à redouter d'accident, toujours en vue du service d'une usine peu à proximité des ateliers de construction.

Les coussinets de cet arbre de couche sont en bronze et ajustés sur l'un des deux côtés de chaque bâti de fonte G, et recouverts par des chapeaux en fonte qui permettent de les graisser. Entre les deux tourillons se trouve la grande roue droite en deux parties J, à denture de bois, destinée à transmettre son mouvement de rotation au grand arbre intermédiaire *k* qui fait marcher les moulins; cette roue engrène à cet effet avec un pignon denté en fonte K monté sur le bout de cet arbre (pl. 20).

Les bâtis de fonte G sont disposés parallèlement pour relier les cylindres à vapeur avec les coussinets de l'arbre de couche I; ils sont réunis par plusieurs entretoises en fonte et traversés dans toute leur hauteur par de longs boulons de fondation *l*, qui traversent en même temps l'épaisseur du massif en pierres sur lequel tout le système est assis.

La coupe verticale (fig. 2e) et le plan (fig. 1re), montrent bien la disposition générale des machines et des maçonneries qui les reçoivent.

Sur le même arbre de couche sont encore montés les excentriques cir-

(1) Voir également le vol. VIII pour les proportions des manivelles en fer et en fonte.

culaires L qui sont embrassés par des colliers en bronze reliés aux tirants en fer *m*, pour faire mouvoir les tiroirs de distribution. Ces excentriques sont en deux pièces, ainsi que la grande roue dentée, pour permettre de les monter ou de les démonter au besoin, sans être dans l'obligation de décaler les manivelles qui doivent toujours être parfaitement solidaires avec l'arbre.

Les tirants d'excentriques, sont renforcés dans une grande partie de leur longueur par des jambes de force en fer qui les empêchent de vibrer. Ils se prolongent assez pour se relier directement aux tiges des tiroirs.

Du condenseur. — La vapeur sortant du cylindre après avoir agi sur le piston, est amenée par le tuyau recourbé *o* dans le vase fermé M, dans lequel elle se précipite pour s'y condenser immédiatement. Ce condenseur, situé au-dessous de la machine, n'est autre qu'un cylindre de fonte, fermé à sa base supérieure qui n'est traversée que par la tige verticale *p*, portant la soupape conique *p'*, ajustée à sa base inférieure. Cette soupape met en communication, lorsqu'elle est soulevée, l'intérieur du vase, avec un puits ou un réservoir d'eau froide situé au dehors de l'usine, au moyen d'un autre tuyau *o'* qui est terminé par une pomme d'arrosoir afin d'empêcher les ordures d'y pénétrer et de passer au condenseur.

Au sommet de la tige qui se prolonge jusqu'à moitié de la hauteur du bâti de la machine est une petite roue d'angle *r*, engrenant avec une autre *r'*, dont l'axe porte en dehors un index, qui sert de poignée ou de manivelle, et indique en même temps suivant qu'elle est placée d'un côté ou de l'autre, si la soupape est ouverte ou fermée, ou à quelle ouverture elle est réglée, pendant la marche.

On peut concevoir sans peine que, lorsque la vapeur qui vient du cylindre se précipite dans cette capacité, mise en communication avec le réservoir d'eau froide, elle s'y condense aussitôt et y forme par cela même un vide plus ou moins complet; de là résulte la propriété d'attirer l'eau du réservoir par la pression de l'air extérieur qui agit sur toute sa surface. Si le niveau de celle-ci n'est pas à plus de 3 à 4 mètres au-dessous du condenseur, l'aspiration a lieu naturellement par ce vide partiel, sans le secours d'aucun agent intermédiaire, autre que le tuyau *o'*, qui se prolonge en dehors du bâtiment, jusqu'au réservoir.

Cette eau aspirée arrivant par la partie inférieure, et se précipitant avec une certaine force dans l'intérieur du vase, y forme une sorte de jet qui s'élève jusque vers le haut, et y retombe en pluie; cette grande division a pour but de faciliter le mélange de l'eau et de la vapeur qui s'y condense plus rapidement, s'il est possible, et dans tous les cas, d'une manière plus complète.

De la pompe a air. — Le condenseur serait bientôt rempli si on n'avait le soin d'enlever au fur et à mesure l'eau de condensation; pour cela il communique à une pompe à air N par le canal horizontal *s*, dans lequel est un clapet d'aspiration *s'* qui s'ouvre de droite à gauche, et qui est adapté

de telle sorte qu'il permet de le visiter sans démontrer l'appareil; il suffit pour cela, d'enlever le petit couvercle de fonte qui ferme l'ouverture ménagée pour son introduction.

Cette pompe est à peu près construite comme les pompes dites aspirantes et élévatoires; elle renferme un piston en fonte O, à garniture de chanvre, et évidé intérieurement. Lorsque ce piston s'élève, il forme le vide au-dessous de lui, et par suite il aspire l'eau du condenseur, en faisant ouvrir le clapet s'. Lorsqu'au contraire il descend, il presse sur l'eau qui remplit le corps de pompe et la force à le traverser, en soulevant les deux clapets s^2 qui le recouvrent. Cette eau ne tarde pas ensuite, pendant la nouvelle ascension du piston, à traverser le couvercle de la pompe, en soulevant également le clapet circulaire t, pour se répandre dans la cuvette P située au-dessus, et qui est fondue avec le corps de pompe, et en outre avec des oreilles à sa partie supérieure afin de la tenir solidement suspendue au-dessous du bâti G par plusieurs boulons.

On enlève donc, à chaque révolution, une certaine quantité d'eau, qui, au lieu d'avoir la température du puits ou du réservoir inférieur dans lequel plonge le tuyau d'aspiration o', a acquis une température beaucoup plus élevée, par le contact de la vapeur qui est venue s'y précipiter.

Cette eau de condensation ne doit généralement pas avoir plus de 38 à 40 degrés centigrades; le chauffeur doit donc régler l'ouverture de la soupape conique qui fait l'office de robinet, de manière à laisser entrer dans le condenseur assez d'eau froide, pour ne pas dépasser cette température dans la cuvette. De temps à autre, il trempe la main dans cette dernière, pour reconnaître s'il est bien en règle de ce côté; avec un peu d'habitude, il sait très-bien distinguer si l'eau est trop chaude. Au reste, un baromètre ou indicateur de vide est en communication avec le condenseur, pour montrer à chaque instant si l'on marche bien au degré voulu.

La pompe à air n'a pas seulement pour objet d'enlever toute l'eau de condensation, mais elle doit encore expulser tout l'air qui peut être contenu dans le condenseur, et qui ne tarderait pas à s'y accumuler. Cet air provient naturellement de l'eau du réservoir; il ne se condense pas comme la vapeur, par conséquent il empêche le vide, au lieu de l'aider à se former; de là résulte le plus grand intérêt à faire son expulsion. Si d'un côté la pompe à air est en bon état, c'est-à-dire si son piston ferme bien hermétiquement, si sa garniture ne laisse aucune fuite, et si d'un autre côté, les joints des parties assemblées ainsi que les stuffingboxes sont bien faits, elle enlève bien tout l'air et toute l'eau de condensation, et par suite le vide s'opère bien; elle peut marquer jusqu'à 70 à 72 centimètres au baromètre.

Le mouvement du piston de cette pompe est disposé d'une manière assez simple; il est pris sur la tête même de la bielle motrice. A cet effet, on a fait venir de forge sur celle-ci une très-forte oreille u, à laquelle s'assemble une petite tringle en fer Q qui s'assemble par l'autre bout, à l'extré-

mité de la double branche principale du levier coudé R ; à la seconde branche de celui-ci est suspendue la grosse tige v du piston par la bielle en fer v'. Cette tige est creuse, en forme de fourreau, pour servir de guide dans sa marche verticale.

Il résulte de cette disposition qui a l'avantage de suspendre la pompe tout près du bâti, que lorsque la bielle principale est poussée de droite à gauche, par exemple, le piston s'élève, tiré de bas en haut ; lorsqu'au contraire elle revient sur elle-même, le piston descend, poussé de haut en bas.

Le piston est fondu creux, avec une gorge cylindrique extérieure pour recevoir la garniture. A sa base est une sorte de cloche mince, percée de trous, et fermée par un couvercle plat; cette cloche a pour but de se loger, lorsque le piston est descendu, dans le bas du corps de pompe, et laisser ainsi le moins d'espace nuisible possible; car à cause de sa garniture le piston ne peut pas descendre au-dessous de l'ouverture inférieure de la pompe. Les rangées de trous percés sur toute la circonférence de la cloche donnent suffisamment de passage à l'eau.

De la pompe alimentaire. — On a profité du mouvement d'équerre pour faire marcher le piston de la pompe alimentaire S que l'on voit placée sur le côté extérieur du bâti. On sait que cette pompe a pour objet d'envoyer de l'eau aux chaudières par le tuyau recourbé x, afin de remplacer la vapeur à mesure qu'elle est engendrée et dépensée par la machine. A cet effet elle puise directement par le tube x', dans la cuvette P qui surmonte la pompe à air, mais elle n'y prend évidemment qu'une portion de l'eau de condensation, tout le surplus s'échappe au dehors par le tuyau de trop-plein y assemblé vers le haut de la cuvette, et qui se prolonge jusqu'à l'extérieur de l'usine.

La pompe alimentaire est du genre des pompes dites aspirantes et foulantes, elle est placée horizontalement, position dans laquelle elle marche tout aussi bien que si elle était verticale, et munie de ses clapets d'aspiration et de refoulement. Son piston T (fig. 10) est un corps cylindrique creux comme un tuyau, et traverse le stuffingbox qui est appliqué à la base de la pompe. Sa tige est attachée directement par articulation à la manette z rapportée au bout de l'axe qui porte le grand levier coudé R, dont le mouvement alternatif se transmet ainsi à ce piston, en même temps qu'à celui de la pompe à air.

La pompe se compose d'un corps en fonte creux, fermé d'un bout par une boîte à étoupes, et de l'autre fondu avec deux larges tubulures sur lesquelles se fixent les siéges en bronze S^3 S^4; au centre de cette base il est percé d'un trou taraudé recevant un bouchon en cuivre qui porte la soupape de sûreté s^2, destinée à donner issue à l'air et à l'eau au besoin.

Sur le sommet de cette soupape presse la courte branche verticale d'un levier à bascule L', assemblée par articulation avec une oreille saillante l^2 et chargé vers l'extrémité de sa plus longue branche horizontale d'un poids, de telle sorte à faire équilibre à la pression intérieure du corps de

pompe, et à maintenir la soupape fermée, tant que cette pression n'est pas au-dessus de l'état normal. Mais si cette pression devenait trop grande, elle pourrait vaincre la charge et pousser la soupape de dedans en dehors; or, par la forme dégagée de cette soupape, il suffit qu'elle soit seulement poussée de quelques millimètres, pour qu'elle livre sortie à l'eau, tout en restant guidée dans son bouchon.

Lorsqu'il s'est accumulé de l'air dans la pompe, ce qui arrive quelquefois, elle ne peut plus bien fonctionner; il est facile de s'en apercevoir, et on y remédie aussitôt, en soulevant le levier pour que la soupape s'ouvre, ce qui donne alors dégagement à l'air et à l'eau; cette opération peut se faire pendant la marche même de la pompe.

Le siége S^3 est fondu avec une tubulure qui se boulonne à la bride du tuyau d'aspiration, lequel va plonger, comme on l'á vu, dans la cuvette de la pompe à air; ce siége est surmonté d'un clapet d'aspiration s^4 et fermé par un couvercle en fonte, en forme de cloche qui est solidement retenu au corps de pompe à l'aide d'une bride à vis en fer, que l'on peut enlever aisément lorsqu'il est nécessaire de visiter l'intérieur.

Le siége S^4 est également fondu avec une tubulure analogue boulonnée à la bride du tuyau qui se rend à la chaudière; ce siége est aussi surmonté d'un clapet de refoulement s^5 semblable au premier, et se trouve fermé de même par un couvercle en fonte retenu à l'aide d'une bride à vis.

Du régulateur. — Au-dessus de l'arbre de couche commun I est le régulateur à boules U, ou modérateur à force centrifuge, qui est en communication avec la valve d'admission placée dans une boîte de jonction *c* appliqué sur le tuyau de vapeur d'arrivée, afin d'ouvrir ou de fermer plus ou moins cette valve, suivant que la vitesse des machines se ralentit ou s'accélère.

A cet effet l'axe vertical de ce régulateur est percé dans sa hauteur et traversé par une tige verticale *a'* qui se prolonge au-dessus, pour se relier par articulation à l'une des branches de l'équerre coudée *c'*, laquelle s'assemble par l'autre branche, à la tringle *d'*. Celle-ci est aussi attachée au levier droit *h'* monté sur l'axe de la valve.

Or, la tige *a'* descend dans l'intérieur de l'axe du modérateur, pour faire corps avec la douille mobile *f'*, ajustée sur celui-ci, et reliée aux bras des boules. Il en résulte que lorsque ces boules s'écartent, par un mouvement accéléré, la douille s'élève et avec elle la tige *a'*, qui alors fait marcher la tringle *d'* et le levier *h'* de droite à gauche, et par suite fait fermer l'ouverture de la soupape; par conséquent la vapeur qui vient des chaudières par le tuyau *b*, trouvant un passage beaucoup plus étroit, n'entre plus dans les branches *b'* en aussi grande quantité. De là, ralentissement dans la vitesse des pistons et par suite dans celle des autres pièces mobiles et de l'arbre de couche.

Le contraire a lieu, lorsque les boules du modérateur se rapprochent, la tige verticale descend, et alors la tringle *d'* poussée de gauche à droite fait

ouvrir la soupape, qui donne ainsi une plus grande entrée à la vapeur.

Pour que ces effets se passent ainsi, il faut évidemment mettre l'axe du modérateur en communication avec l'arbre de couche, c'est ce qui a lieu au moyen de deux disques de fonte X et Y, dont l'un est en deux pièces ajustées et fixées sur cet arbre, et l'autre sur la partie inférieure de l'axe vertical. Pour établir exactement la vitesse que le régulateur doit avoir, pendant la marche normale des machines, on fait glisser le premier disque sur l'arbre de couche, de manière à se trouver plus ou moins rapproché du centre. Ainsi, si on veut régler la vitesse normale de l'arbre à 24 tours, par exemple, on doit nécessairement placer le disque à une position différente de celle correspondante à la vitesse de 25 tours, afin que le régulateur conserve sa marche pour l'état normal (1).

Sur la même tige mobile *a'* sont rapportées deux branches droites qui ont pour objet d'agir sur les ressorts de deux sonnettes suspendues au plafond, afin de prévenir par le bruit lorsque la vitesse se ralentit ou s'accroît. Ainsi la branche inférieure, quand la vitesse est trop faible, se met en contact avec le bras de la sonnette inférieure dont le son est différent de celui de la sonnette supérieure, afin que le chauffeur puisse toujours distinguer, lors même qu'il se trouverait à distance. Si, au contraire, la vitesse devient trop grande c'est la branche supérieure qui touche le bras de la seconde sonnette; et enfin à la marche normale, les branches ne touchent ni l'une ni l'autre.

Du volant. — Dans ce double appareil, le mouvement étant plus régulier que dans une machine simple, parce que les manivelles sont placées à angle droit, il n'est pas utile d'avoir un volant très-énergique pour obtenir une grande régularité sur l'arbre de couche. Il faut cependant, à cause des meules à faire mouvoir, et qui par elles-mêmes font volant, éviter, comme nous l'avons démontré depuis plusieurs années, que celles-ci ne l'emportent sur le moteur, et pour cela il est essentiel que la vitesse à la circonférence du volant régulateur soit plus grande que celle à la circonférence des meules; c'est ce qui a déterminé à placer le volant R non sur l'arbre commun I des deux machines accouplées, mais sur l'arbre de couche intermédiaire *k* qui commande les moulins, et qui tourne trois fois plus vite, parce que la roue droite J montée sur le premier est d'un diamètre trois fois plus grand que le pignon K, monté sur le second.

Ainsi ce volant a 4 mètres de diamètre, et marche à la vitesse de 75 tours par minute, lorsque les machines en font faire 25 à l'arbre I, par conséquent sa vitesse à la circonférence est de

$$\frac{4 \times 3{,}14 \times 75}{60} = 15^{m}70 \text{ par seconde.}$$

Or, les meules ayant $1^{m}50$ de diamètre et marchant à 104 tours par

(1) On se rappelle que nous avons donné dans le vol. I une table des vitesses de modérateur à force centrifuge en rapport avec la longueur des branches.

minute reçoivent à la circonférence une vitesse de

$$\frac{1.50 \times 3.14 \times 104}{60} = 8^m16 \text{ par seconde.}$$

Par conséquent la vitesse à la circonférence du volant est presque double de celle des meules.

ÉTUDE DE LA DISTRIBUTION ET DE LA DÉTENTE.

Le tiroir de distribution *d* qui est renfermé dans la boîte de fonte C (fig. 6 et 7) est embrassé par un cadre en fer i' pour le relier à sa tige j', sans le gêner dans sa marche rectiligne, et sans l'empêcher de s'appliquer constamment contre le siége droit et bien dressé des orifices d'introduction au cylindre. Cette tige j' est creuse et terminée par une boîte à étoupes k', pour donner passage à la tige l' de la glissière de détente n'; en serrant le bouchon de cette petite boîte à étoupes à un degré convenable, on rend les deux tiges comme solidaires, quoique cependant leur adhérence ne soit pas tellement grande qu'elles ne puissent glisser, par instants l'une dans l'autre, comme cela a lieu en effet pendant la marche de la machine.

Cette même tige j', par cela même qu'elle est ainsi obligée de former boîte à étoupes en k', ne peut se relier avec le tirant ou la tringle d'excentrique que par un système de châssis vertical composé des deux traverses E′ et des deux barres rondes F′, filetées à leurs extrémités, et guidées par le support à deux branches G′ garnies de coussinets.

Le tirant *m* s'assemble par articulation au milieu de la seconde traverse E′, et se termine à l'autre extrémité comme on l'a vu par un collier en deux pièces, qui embrasse la gorge circulaire de l'excentrique L monté sur l'arbre de couche.

Le tiroir de distribution devant avoir une petite avance à l'entrée de la vapeur au cylindre, et plus particulièrement à la sortie, afin que le piston soit prêt à agir quand il revient sur lui-même, le centre de l'excentrique qui le fait marcher ne se trouve pas tout à fait sur une ligne perpendiculaire à la direction de la manivelle, comme cela a lieu, lorsque l'on ne donne pas d'avance. Ainsi quand la manivelle occupe la position correspondante à l'extrémité de la course du piston, le centre de l'excentrique se trouve sur une ligne droite qui fait un angle de 85 degrés avec la première.

La lumière du tiroir (fig. 6) est alors placée de telle sorte qu'elle découvre, de 2 millimètres, l'orifice d'introduction *e* ou e' qui se rend à l'une des extrémités du cylindre; tandis que l'évidement central communique avec le canal central e^2 qui va au condenseur, par un passage découvert de 4 millimètres au moins.

La marche du tiroir de distribution est rapide, au commencement de la course du piston, afin d'ouvrir l'orifice d'introduction *e* rapidement, pour

que la vapeur puisse se précipiter en quantité suffisante dans le cylindre et pousser le piston; et en même temps l'orifice opposé e' se dégage largement par rapport au canal de sortie e^2, afin que la vapeur qui vient d'agir dans la course précédente, puisse également se précipiter avec rapidité au condenseur. Mais ces orifices ouverts, le tiroir reste presque stationnaire pendant une très-grande partie de la course du piston, qui s'accélère à mesure qu'il approche vers le milieu, pour diminuer ensuite. Ce n'est que lorsqu'il est près d'arriver à la fin de sa course, que le tiroir complète sa marche rapide, pour occuper une position tout à fait opposée à celle qu'il avait au point de départ, c'est-à-dire que c'est alors sa lumière de gauche qui commence à ouvrir l'orifice e', pour laisser entrer la vapeur au cylindre, tandis que l'orifice de droite e commence à être mis en communication avec le canal de sortie e^2. Ce changement est nécessaire évidemment pour que le piston puisse revenir sur lui-même, et que la vapeur agisse sur lui, dans ce retour, comme elle l'avait fait en allant.

D'après cette disposition, si le tiroir était seul et non accompagné d'une glissière, qui bouche par instants ses lumières, on comprend que la vapeur venant de la chaudière, pourrait s'introduire presque constamment dans le cylindre pendant toute la course du piston, puisque les orifices d'introduction ne se ferment réellement que lorsque celui-ci est près d'arriver à la fin de sa course.

On dirait alors que la machine marche à pleine pression, ou à pression à peu près constante, c'est-à-dire sans expansion. Il est évident que dans ce cas, avec les dimensions données au cylindre la machine aurait beaucoup trop de puissance, au point que certaines pièces pourraient ne pas être suffisamment résistantes, mais d'ailleurs, et c'est là le point capital, on dépenserait beaucoup trop de vapeur.

Jeu de la glissière. Détente. — La glissière n qui s'applique contre le dos du tiroir de distribution a donc pour objet, sans changer en aucune manière la marche de celui-ci, de couvrir les lumières d'introduction, au moment où le piston est arrivé à un certain point de la course, afin d'interrompre l'entrée de la vapeur, et par suite profiter pendant tout le reste de la course, de toute ou de presque toute la force élastique dont elle est capable.

Cette glissière n'est autre, comme on l'a déjà vu, qu'une plaque rectangulaire en fonte n, munie de deux oreilles qui la relient librement, sans la forcer, à une tige droite t' (fig. 6), traversant la tige creuse du tiroir, et portant à son autre extrémité un châssis ou cadre en fer u', marchant, comme elle, dans un plan vertical.

A l'intérieur de ce cadre est une came double v' dont l'axe porte un index ou poignée y' que l'on manœuvre à volonté à la main. Cet index, suivant la position qu'on lui fait occuper, indique sur un cadran gradué Z', le degré de détente auquel on marche.

Ainsi sur le dessin, nous avons supposé que la machine fonctionne au

1/5 de détente, c'est-à-dire que la vapeur n'est admise dans le cylindre que pendant le 1/5 de la course, et qu'elle en est par conséquent à une pression 5 fois moindre. Donc, si elle est entrée à 4 atmosphères, elle n'a plus en sortant que 4/5 d'atmosphère, pour se rendre au condenseur.

On peut concevoir que la glissière restant appuyée contre le tiroir par la pression même de la vapeur qui remplit constamment la boîte de distribution, se trouve entraînée dans la marche de ce tiroir, et le suivrait sans cesse, si elle n'était forcée de s'arrêter de temps en temps.

On a compris, en examinant ce mécanisme, et le jeu qu'il remplit, que c'est la plus ou moins grande saillie de la came *v'*, qui arrête plutôt ou plus tard le châssis de la glissière, et qui par suite interrompt l'arrivée de la vapeur également plus tôt ou plus tard. Ainsi, lorsqu'on la tourne sur son axe par son index, de manière à lui faire occuper une position correspondante au trait de division 1/4 du cadran, elle présente, en regard des côtés verticaux du châssis une partie courbe moins saillante, ou moins excentrée que lorsqu'elle était réglée par rapport au trait 1/5, les côtés de ce châssis la touchent alors un peu plus tard, la glissière marche donc plus longtemps avec le tiroir, et celui-ci n'est réellement fermé que lorsque le piston est parvenu au 1/4 de sa course.

Il en est de même pour les positions correspondantes aux traits de division 1/3 et 1/2 du cadran, lesquelles montrent que l'on peut marcher avec les détentes au tiers et à la moitié de la course du piston.

L'on voulait détendre au delà de 5 fois; comme la disposition du mécanisme n'a pas permis de dépasser ce chiffre avec la même came et le même châssis, de manière à pouvoir faire toutes les détentes de 2 à 10, il faudrait remplacer l'un ou l'autre de ces derniers, en donnant à la came un peu plus de saillie, par exemple, ou au châssis un peu moins d'ouverture; ce qui serait très-facile à faire, d'autant plus que la courbure de la came n'est réellement pas très-rigoureuse, c'est ordinairement une portion de développante de cercle; et pour le châssis on pourrait simplement rapporter à l'intérieur des deux côtés verticaux, une petite plate-bande en acier de 1 à 2 centimètres d'épaisseur. Mais il est évident que ce changement à la came ou au cadre fait pour les détentes de 6 à 8 ou 10, par exemple, ne pourrait plus à son tour servir aux détentes de 2, 3, ou 4 fois l'admission.

Le cylindre à vapeur A est ajusté dans son enveloppe de fonte B, qui extérieurement est fondue avec de fortes oreilles à nervure *l'* pour se boulonner sur la partie supérieure dressée du bâti G. Les boulons qui les fixent solidement ensemble se prolongent en même temps dans l'épaisseur du massif en pierres afin de rendre tout le système solidaire.

Un robinet graisseur I' (fig. 5 et 8) est rapporté au-dessus du milieu du cylindre, et traverse son enveloppe pour servir à graisser le piston D pendant sa marche.

Les détails (fig. 9) montrent bien la construction de ce piston; on voit

que sa garniture métallique se compose de deux cercles concentriques qui présentent une certaine élasticité, et dont l'un, le plus petit, est taillé en surface conique intérieurement pour recevoir la pression des coins d^2, de même forme, pressés par des ressorts à boudin.

Cette garniture est comprise entre deux plateaux ou disques en fonte, ajustés sur la tige du piston et boulonnés ensemble, mais non pas assez serrés pour empêcher les cercles de jouer, c'est-à-dire de s'ouvrir ou de se fermer.

Comme après un certain temps de travail il se forme du cambouis à l'intérieur, il est utile de démonter quelquefois le piston et sa garniture, afin de les nettoyer et de les remettre en état, pour que les ressorts fonctionnent bien, et que par suite la vapeur ne puisse passer d'un côté à l'autre par les parois en contact avec le cylindre. On conçoit que c'est une condition importante que celle d'un diaphragme mobile recevant sur une face de la vapeur à 4 atmosphères, et en communication de l'autre, avec le condenseur. Il faut que sa garniture coïncide bien sur toute sa circonférence avec la paroi du cylindre, pour qu'il ne puisse y avoir de fuite pendant le travail.

Par la disposition que M. Bourdon a adoptée, il devient assez commode de retirer le piston par le bout de droite du cylindre, en enlevant le couvercle à l'extérieur, au lieu d'enlever celui de gauche, toutes les fois qu'il s'agit de le visiter, et de vérifier s'il est en bon état.

Le cylindre et la chemise sont munis de petits robinets de purge z', qui permettent de faire échapper la vapeur condensée, au moment de la mise en train de la machine. On comprend qu'à ce premier instant, toutes les surfaces étant froides condensent la vapeur rapidement avant qu'elle n'ait le temps d'agir, il est donc utile de donner issue à l'eau, provenant de cette condensation accidentelle.

DES CHAUDIÈRES ET DE LEURS FOURNEAUX.

Les chaudières du moulin d'Odessa sont au nombre de trois, et représentent chacune 25 chevaux, c'est-à-dire qu'elles sont capables de fournir de la vapeur à une machine de cette puissance. On verra plus loin qu'elles doivent largement suffire à cet effet.

Ces chaudières sont cylindriques et munies chacune de deux bouilleurs, afin d'avoir la surface de chauffe et la capacité nécessaires.

Leurs principales dimensions sont :

Diamètres du corps de la chaudière.	intérieur.	= 0m88
	extérieur.	= 0m90
Longueurs	de la partie cylindr.	= 6m38
	extérieure	= 6m60

Diamètres de chaque bouilleur. . .	intérieurement . . = 0^{m}50 extérieurement . . = 0^{m}52
Longueur desdits	intérieurement . . = 7^{m}10 extérieurement . . = 7^{m}12

Elles sont en outre surmontées chacune d'un dôme ou cloche pour former réservoir additionnel de vapeur de 0^{m}60 de diamètre et 0^{m}90 de hauteur.

Ces chaudières doivent être, à l'état normal, remplies d'eau jusqu'à la hauteur de la ligne d'axe ; par conséquent, le volume total occupé par l'eau est égal à la moitié du volume de la chaudière augmenté de celui des bouilleurs, et le volume occupé par la vapeur est égal au volume de la seconde moitié de la chaudière augmenté du volume de la cloche ou du dôme supérieur.

Ainsi la capacité pour l'eau est donc, d'après les dimensions ci-dessus :

$$1^{o}\ 1/2 \text{ de la chaudière} = \frac{0{,}44^2 \times 3.14 \times 6.38}{2} = 1^{\text{m.c.}}939$$

$$2^{o} \text{ Les 2 bouilleurs} = 0{,}25^2 \times 3.14 \times 7.10 \times 2 = 2.786$$

$$3^{o} \text{ Les 4 tubulures} = 0{,}16^2 \times 3.14 \times 0.35 \times 4 = 0^{m}112$$

$$\text{Total. . . . . . .} = 4^{\text{m.c.}}837$$

et le volume pour la vapeur est égal à :

$$1^{o}\ 1/2 \text{ de la chaudière} = 0{,}44^2 \times 3.14 \times 6.38 = 1.939$$

$$2^{o} \text{ La cloche} = 0{,}31^2 \times 3.14 \times 0.95 = 0.287$$

$$\text{Total. . . . . . .} = 2^{\text{m.c.}}226$$

La surface de chauffe comprend :

1° La surface des 2 bouilleurs, sur une longueur de 6^{m}60, égale à

$$0^{m}52 \times 3.14 \times 6.60 \times 2 = 21^{\text{m.q.}}56$$

2° La surface de la moitié inférieure de la chaudière

$$\text{ou } \frac{0^{m}90 \times 3.14 \times 6.38}{2} = 9^{\text{m.q.}}03.$$

Par conséquent la surface totale est de

$$30^{\text{m.q.}}59,$$

ce qui donne pour surface par force de cheval

$$\text{environ } \frac{30^{\text{m.q.}}59}{25} = 1^{\text{m.q.}}223.$$

Or, dans des chaudières de ce genre, on estime qu'un mètre carré de

surface de chauffe peut produire 20 à 25 kil. de vapeur par heure en service courant, soit environ 22 kil. en moyenne, en brûlant du charbon de terre ou de la houille de bonne qualité.

On voit donc que chaque chaudière est capable d'engendrer par heure,

$$22 \times 30,59 = 672^{\text{kil.}}98,$$

c'est-à-dire près de 27 kilog. de vapeur par heure et par force de cheval.

Or, on verra plus loin que, d'après les dispositions des machines, cette quantité est de beaucoup supérieure à la dépense que celles-ci doivent faire pour la puissance nominale de 48 chevaux, lorsque deux chaudières fonctionnent.

On estime qu'un kilog. de houille, bonne qualité, peut produire 6 kilog. de vapeur dans ces sortes de chaudières et de fourneaux, et quelquefois même 7 kilog., lorsque le feu est bien conduit.

On reconnaît par les fig. 1 et 2, pl. 20, que les fourneaux sont placés sur le prolongement et dans le bâtiment des machines dont ils ne sont séparés que par une cloison vitrée A^2, qui est percée d'une porte, permettant au chauffeur ou au mécanicien de passer tantôt d'un côté et tantôt de l'autre. Il existe un espace d'environ 4 mètres entre la base des cylindres à vapeur et le devant des fourneaux, ce qui donne l'emplacement nécessaire, en avant de ceux-ci, pour qu'on puisse jeter le charbon sur la grille, passer le ringard dans les barreaux et nettoyer les carneaux.

Une portion de plancher B^2 met en communication le sol des machines avec le dessus des fourneaux, et un escalier C^2 permet de descendre aux foyers.

Les machines et les chaudières sont également séparées du reste de l'usine par une cloison prolongée D^2, de sorte que le moteur est dans une chambre, et le système de génération de vapeur dans une autre. On peut donc tenir toutes les parties de l'appareil, et particulièrement des machines, dans un parfait état, sans difficulté.

Comme il y a une différence de niveau entre le sol du moulin et celui des machines, quelques marches d'escaliers sont établies en face des portes de communication.

On voit bien sur les figures le grand tuyau de vapeur *b*, qui relie les chaudières aux machines; ce tuyau se divise, comme on se rappelle, en deux branches b', qui descendent sur la boîte de distribution de chaque cylindre. On sait qu'à la jonction de ces branches se trouve la boîte à soupape *c*, mise en communication avec le régulateur. A l'autre extrémité le tuyau est assemblé avec une branche transversale b^2, laquelle porte trois tubulures munies de robinets et boulonnées vers la partie supérieure des dômes cylindriques E^2 qui surmontent chacune des chaudières F^2. Ces robinets permettent d'établir la communication d'une chaudière à l'autre et de l'interrompre à volonté; par conséquent, on peut indifféremment faire marcher l'une ou l'autre.

On voit de même le tuyau d'alimentation T' qui se divise en deux branches T^2, pour mettre les deux pompes alimentaires en communication avec les chaudières. Ce tuyau est muni d'un robinet à trois eaux R^3 (fig. 2), lequel a pour objet de vider ou de purger accidentellement l'une ou l'autre des chaudières, par un tuyau de sortie qui se rend au dehors de l'usine.

Il est aisé de comprendre que, comme le principal tuyau T' est en communication avec les chaudières, par trois branches qui sont chacune munies d'un robinet et d'un tube plongeant jusque dans les bouilleurs de chaque chaudière, si l'un de ces robinets est ouvert pendant que sa chaudière est en vapeur, et si en même temps le robinet R^3, fermé par rapport aux branches T^2, est aussi ouvert avec le tube de sortie, l'eau contenue dans l'appareil, chassée par la pression de la vapeur qui passe sur elle, s'échappera nécessairement par ce tube et se rendra avec la vapeur dans le bassin destiné à la recevoir.

Lorsque l'on emploie des eaux calcaires pour l'alimentation des chaudières, il est bon, de temps à autre, de faire ainsi quelques vidanges partielles, afin de sortir avec l'eau les substances étrangères et les empêcher de déposer au fond de la chaudière et des bouilleurs.

Les trois chaudières sont absolument les mêmes ainsi que leurs fourneaux, et pour indiquer la pression de la vapeur dans chacune elles sont accompagnées de manomètres métalliques (système de M. E. Bourdon), semblables à celui décrit dans le VIIe volume. Ces manomètres, en communication avec la partie supérieure des chaudières, par un petit tube à robinet, sont gradués en atmosphères et fractions.

Elles sont également munies chacune de leurs soupapes de sûreté, de flotteurs, niveaux d'eau et sifflets d'alarme. Nous en avons publié les détails de construction dans les vol. IV, V et VI.

Dans le système adopté par M. Bourdon, chaque chaudière se compose d'un corps cylindrique F^2 (fig. 1re) et de deux bouilleurs, le tout en tôle, forte de 10 millimètres d'épaisseur : ces bouilleurs sont assemblés avec le corps de la chaudière par deux tubulures en fer, et sont supportés en avant du fourneau par un châssis en fonte, et à l'arrière par des coussinets ou supports également en fonte.

Le châssis sert en même temps de support aux portes du foyer, et de soutien ou de cadre aux angles du cendrier; il consolide par conséquent tout le devant du fourneau. A l'intérieur est une plaque d'assise en fonte qui forme le seuil des portes et supporte les barreaux de la grille y^2, situés à la même hauteur; ces barreaux sont soutenus à l'autre extrémité par une barre transversale. Le dessous est entièrement libre pour le passage de l'air à travers le cendrier.

Les foyers de chaque chaudière sont indépendants les uns des autres, pour permettre de les faire marcher séparément. Les barreaux des grilles sont placés dans le sens de la longueur, afin de faciliter le nettoyage, quand on passe le ringard entre eux pour faire tomber les escarbilles.

Il est convenable, pour obtenir une bonne combustion et bien utiliser la chaleur de la flamme et de l'air chaud, de ne pas mettre sur la surface de chaque grille plus de 5 à 6 centimètres d'épaisseur de charbon. On a l'avantage de mieux brûler la fumée, de moins obstruer et de moins encrasser la grille.

Quelquefois, dans le bas du cendrier, au-dessous de la grille, on laisse une légère nappe d'eau, sur laquelle elle se reflète, et qui, recevant les escarbilles, les éteint immédiatement ; ce qui permet de les recueillir après les avoir passés à travers un crible pour en enlever les cendres et le mâchefer; on les mêle alors avec le charbon neuf.

Comme on n'est pas bien d'accord, en pratique, sur les surfaces à donner aux grilles, comparativement aux dimensions des chaudières, on trouve souvent des différences notables entre les divers constructeurs.

Dans les chaudières actuelles les grilles ont

$1^{m}20$ de longueur

sur $0^{m}92$ de large,

ce qui correspond à une surface de

$$1.20 \times 0.92 = 1^{m.q.}098,$$

c'est-à-dire à peu près la $1/28^{e}$ partie de la surface de chauffe.

Elles peuvent paraître de petites dimensions par rapport à celles adoptées par d'autres mécaniciens; mais on doit remarquer que ce ne peut être qu'à l'avantage du système. En effet, ces chaudières sont, bien certainement, d'une capacité plus grande qu'elles ne doivent être rigoureusement; on n'est pas obligé alors de pousser le feu, comme si elles n'avaient que juste les dimensions voulues; on marche *à combustion lente*, au lieu de marcher *à combustion rapide*, par conséquent, on utilise réellement bien tout le combustible au profit des appareils.

Le foyer est coupé par un autel en briques qui surmonte les barreaux, afin de détruire le passage de la flamme et de l'air brûlé qui se dégagent pendant la combustion, et qui parcourent d'abord à la fois la surface inférieure, c'est-à-dire plus des 3/4 de la circonférence de chaque bouilleur sur toute la longueur de ceux-ci. Arrivés à leur extrémité, ces gaz reviennent au-dessus dans le carneau B^{3} et lèchent la partie inférieure d'un côté de la chaudière, et après avoir également parcouru toute sa longueur, ils s'en retournent par le second carneau latéral C^{3} jusqu'au canal commun D^{3}, pour de là se précipiter dans la grande cheminée d'appel.

Le carneau latéral C^{3}, dans chaque fourneau, est fermé par un registre en fonte E^{3}, qui permet de régler le passage et par suite le degré de tirage suivant les besoins. Ce registre est ajusté à coulisse dans un châssis en fonte, et est attaché par sa partie supérieure à une chaîne ou à une corde a^{3} (fig. 2, pl. 20), laquelle passe sur des poulies de renvoi, et se ter-

mine par un contre-poids en avant du fourneau pour être à la disposition du chauffeur. Au lieu d'un poids on peut accrocher la corde à un point fixe, pour tenir le registre ouvert au degré voulu. En avant et à l'arrière du fourneau, en face des carneaux, sont ménagés des ouvreaux que l'on ferme par des briques et qui permettent de nettoyer ces carneaux lorsqu'il est nécessaire. Sous le grand canal commun D^3 est aussi ménagé un passage qui permet au besoin à un jeune homme ou à un ramoneur de s'y introduire, afin d'enlever toutes les ordures. Toute la construction des fourneaux est en briques.

On a vu que chaque chaudière est surmontée d'un dôme cylindrique en tôle E^2, qui ajoute au réservoir de vapeur, et qui en élevant en même temps la prise de cette vapeur, puisque les tubulures du tuyau bb^2 s'appliquent vers leur partie supérieure, a l'avantage d'envoyer au cylindre de la vapeur moins chargée d'eau, que si la prise était directement sur la chaudière. Le dôme sert aussi de trou d'homme, c'est-à-dire qu'il est fermé par un couvercle de fonte autoclave, qui permet au besoin de s'introduire dans la chaudière pour la nettoyer. Il en est de même de chaque bouilleur qui sur l'avant est aussi fermé par un couvercle autoclave. Ces couvercles sont scellés par un cadre en plomb mince et une couche de minium, puis fortement serrés avec deux boulons à écrous.

CHAUDIÈRES A FLAMME RENVERSÉE,

Par MM. CAIL ET Ce, à Paris.

Ce système consiste à chauffer le corps de la chaudière avant les bouilleurs, ce qui est tout à fait l'inverse de ce que l'on adopte le plus généralement. Ainsi, la flamme et l'air chaud, en sortant du foyer, lèchent tout d'abord, la surface inférieure du corps de la chaudière sur la moitié de la circonférence au moins, puis descendent dans le canal qui renferme les bouilleurs, en les parcourant de même dans toute leur étendue.

Cette disposition est indiquée sur les fig. 2 et 3 du dessin pl. 20.

Nous l'avons supposée appliquée ici, pour ne pas en donner un plan spécial, ayant déjà représenté dans plusieurs planches du volume précédent les dessins des différents systèmes de chaudières en usage.

On voit que dans le cas adopté par MM. Cail et Ce, la grille g^2 se trouve beaucoup plus près du dessous de la chaudière que dans le système ordinaire. Le générateur recevant directement l'action de la chaleur, se trouve dans de meilleures conditions pour produire la vapeur sèche, et par suite occasionner moins d'entraînement d'eau.

Chaque chaudière est munie sur les côtés latéraux de larges pattes rivées qui leur permettent de reposer sur des plaques en fonte p^2, logées dans le massif du fourneau, et ses bouilleurs H^2, avec lesquels elle est

en communication par les tubulures I^2, sont également supportés par les chaises de fonte h^2, lesquelles sont réunies deux à deux, par des plaques d'assise en fonte qui reposent sur la base du fourneau.

Entre la chaudière et les bouilleurs est une voûte mince en briques, qui forme une cloison de séparation pour obliger la flamme à parcourir d'abord toute la longueur du canal J^2, et passer ensuite dans le carneau K^2. Après avoir ainsi chauffé toute la superficie de la moitié inférieure de la chaudière, la flamme et les gaz entourent la surface des deux bouilleurs, puis revenant en avant descendent dans le canal souterrain L^2, afin de s'échapper dans la cheminée, en passant s'il est nécessaire par un canal transversal comme celui indiqué pour les chaudières précédentes.

DIMENSIONS PRINCIPALES DES MACHINES D'ODESSA.

A la suite de la description qui précède, nous croyons devoir résumer les dimensions principales des machines qui nous occupent et les calculs auxquels elles ont donné lieu; quoique destiné seulement à M. Gosme, nous pensons que ce travail pourra intéresser plusieurs de nos lecteurs.

Les dimensions et par suite la force des machines ont été arrêtées sur les bases suivantes :

Diamètre intérieur des cylindres à vapeur......	=	$0^m 54$
Longueur de la course du piston..............	=	$1^m 16$
Nombre de coups de piston, par minute........	=	24 à 25
Par conséquent sa vitesse par seconde doit être de	=	$0^m 928$ à $0^m 967$

Car on a :

$$\frac{1^m 16 \times 2 \times 24}{60} = 0^m 928$$

Et

$$\frac{1^m 16 \times 2 \times 25}{60} = 0^m 967$$

La longueur de la bielle d'axe en axe.....	=	$2^m 90$
Le rayon de la manivelle................	=	$0^m 58$

Par conséquent le rapport de la bielle à la manivelle est de

$$\frac{2.90}{0.58} = 5 \text{ fois.}$$

Le diamètre de la roue dentée placée sur l'arbre de couche commun aux deux machines est de..........	3 mètres.
Le pignon droit en fonte qu'elle commande est de	1 mètre.
La vitesse de l'arbre de couche qui porte ce pignon et qui porte aussi le volant, doit être alors de....	72 à 75 tours par min.

De ces données, il résulte :

1° Que la surface ou l'aire du piston à vapeur est égal à

$$(0^{m}54)^2 \times 0{,}7854 = 0^{m.q.}2290 \text{ ou } 2290^{\text{cent. quarrés}}.$$

2° Que le volume engendré par le piston à chaque coup simple est de

$$0^{m.q.}2290 \times 1^{m}16 = 0^{m.c.}2656 \text{ ou } 265^{\text{litres}}6.$$

On voit, d'après cela, que si l'on faisait venir la vapeur dans le cylindre pendant toute la longueur de la course, on dépenserait à chaque coup simple, c'est-à-dire à chaque cylindrée, un volume égal à

265,6 décimètres cubes ou près de 266 litres;

et par conséquent, en faisant 25 tours, ou 50 coups simples par minute, la dépense de vapeur serait de

$$50 \times 266 = 1330^{\text{litres}} \text{ ou } 1^{m.c.}330.$$

On se trouverait évidemment dans de mauvaises conditions, si on marchait ainsi, parce qu'on dépenserait réellement beaucoup trop de vapeur et par suite trop de combustible, proportionnellement à la force que l'on obtiendrait.

En effet, la vapeur arrivant ainsi constamment dans le cylindre à une pression de 4 atmosphères, par exemple, est évidemment capable, en sortant de ce cylindre, de produire un certain travail, puisqu'elle aurait encore la même pression. Or, si on l'envoie dans le condenseur, ou dans l'air, elle est complétement perdue, tandis qu'elle peut réellement être utilisée comme *force expansive*.

On entend par force expansive de la vapeur, la puissance dont elle est capable, ou l'effet qu'elle peut produire, en se *détendant*, c'est-à-dire en cherchant à occuper un volume plus grand.

Ainsi, supposons que la vapeur à 4 atmosphères, sortant du cylindre ci-dessus, soit envoyée dans un second cylindre d'une capacité double, elle agira sur le piston de celui-ci, avec une pression moyenne de 2 atmosphères, puisque, d'après ce qui a été indiqué en commençant, les pressions de la vapeur sont en raison inverse des volumes qu'elle occupe (1).

Mais au lieu de produire cet effet dans un second cylindre, ce qui complique la machine, on peut très-bien le produire dans le premier cylindre même, en interrompant l'arrivée de la vapeur pendant une portion de la course du piston, et en laissant agir par expansion, c'est-à-dire pendant le restant de la course, celle qui s'y est introduite.

Admettons, par exemple, que dans le cylindre de $0^{m}54$, on ne fasse arriver la vapeur que pendant la moitié de la course du piston, au lieu de la faire venir pendant toute la course, et voyons ce qui se produira, si cette vapeur en y entrant est à la pression de 4 atmosphères.

(1) Voir le VIIIe vol. pour la description des machines à deux cylindres.

D'abord, puisque la surface du piston est de $0^{m.q.}2290$ ou $2290^{c.q.}$ et que sa pression est de 4 atmosphères ou $4^{k}132$ par centimètre carré, il est évident que sa pression totale sur la surface entière est de

$$2290 \times 4{,}132 = 9129 \text{ kilog.}$$

Par conséquent, le piston à vapeur reçoit pendant une longueur de $0^{m}58$, correspondante à sa demi-course, une pression qui, comme on le voit, dépasse une charge de 9000 kilog.

Mais, parvenu à la moitié de la course, puisqu'on interrompt l'entrée de la vapeur dans le cylindre, il ne continue sa marche que parce que la vapeur qui s'y trouve, et qui occupe alors un volume égal à 133 litres (moitié du volume engendré 266), tendant à prendre un volume plus grand, cherche à pousser le piston; seulement elle le pousse avec une force élastique qui diminue de plus en plus, au fur et à mesure que le volume augmente; aussi lorsque le piston est arrivé à l'extrémité de sa course, la tension de la vapeur qui presse sur lui n'est plus que de 2 atmosphères ou $2^{k}066$ par centim. carré.

Ainsi, en entrant dans le cylindre, la vapeur venant de la chaudière était capable de produire une action de $4^{k}132$ par centim. carré, et au moment où elle est pour en sortir, elle n'a plus qu'une force moitié moindre.

Cherchons donc quelle est la quantité de travail qu'elle a pu produire sur le piston, pendant toute la course, depuis l'entrée jusqu'à la sortie.

Supposons, pour cela, la longueur de la course, ou $1^{m}16$, divisée en 10 parties égales, par exemple; chaque distance représente alors

$$\frac{1^{m}16}{10} = 0^{m}116$$

On a donc pour les distances successives, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10

1°	$0{,}116 \times 1$	=	$0^{m}116$
2°	$0{,}116 \times 2$	=	$0^{m}232$
3°	$0{,}116 \times 3$	=	$0^{m}348$
4°	$0{,}116 \times 4$	=	$0^{m}464$
5°	$0{,}116 \times 5$	=	$0^{m}580$
6°	$0{,}116 \times 6$	=	$0^{m}696$
7°	$0{,}116 \times 7$	=	$0^{m}812$
8°	$0{,}116 \times 8$	=	$0^{m}928$
9°	$0{,}116 \times 9$	=	$1^{m}044$
10°	$0{,}116 \times 10$	=	$1^{m}160$

puisque nous avons admis que la vapeur entrait dans le cylindre pendant la moitié de la course du piston, sa pression reste donc la même, pendant chacune des cinq premières divisions;

Mais à partir de la moitié, elle commence à se détendre, puisqu'elle occupe successivement des volumes de plus en plus grands.

Or, ces volumes croissent comme les espaces parcourus, puisque la section du cylindre ou la surface du piston reste la même, c'est-à-dire, comme les distances successives :

de	5	à	6	=	$0^{m}696$
de	6	à	7	=	$0^{m}812$
de	7	à	8	=	$0^{m}928$
de	8	à	9	=	$1^{m}044$
de	9	à	10	=	$1^{m}160$

Les pressions de la vapeur vont, au contraire, en diminuant, dans les proportions suivantes :

$$0.696 : 0.58 :: 4.132 : x = 3^{k}443$$
$$0.812 : 0.58 :: 4.132 : x = 2^{k}951$$
$$0.928 : 0.58 :: 4.132 : x = 2^{k}582$$
$$1.044 : 0.58 :: 4.132 : x = 2^{k}295$$
$$1.160 : 0.58 :: 4.132 : x = 2^{k}066$$

Ces pressions deviennent donc, en résumé, pour chacune des distances parcourues de 1 à 10 :

1	4.132	Total des pressions = $33^{k}997$
2	4.132	
3	4.132	
4	4.132	
5	4.132	
6	3.443	
7	2.951	
8	2.582	
9	2.295	
10	2.066	

Par conséquent, la pression moyenne pendant toute la course du piston, étant égale à la somme de ces pressions successives divisées par leur nombre, devient :

$$33.997 \div 10 = 3^{k}399$$

Soit $3^{k}40$ par centimètre carré.

La surface du piston étant de 2290 c. q. et la course de $1^{m}16$, si on multiplie ces deux quantités par cette pression moyenne $3^{k}40$, on aura le travail total de la vapeur pendant une longueur de course; mais il y a évidemment à déduire de ce travail, pour avoir l'effet réel, la résistance qui s'oppose à la marche du piston.

Cette résistance est égale à $1^k 33$ par cent. carré ou à la pression atmosphérique, lorsque la machine est disposée pour marcher sans condensation, c'est-à-dire que la vapeur s'échappe directement dans l'atmosphère, après avoir agi sur le piston; dans ce cas, la pression effective sur le piston ne serait plus réellement que de

$$3^k 40 - 1^k 033 = 2^k 377$$

donc, le travail réel pendant toute la course du piston serait :

$$2^k 377 \times 2290^{c.q.} \times 1^m 16 = 6314 \text{ kilogrammètres,}$$

et la vitesse du piston étant de $0^m 967$ par seconde, en admettant 25 révolutions par minute, ce travail devient

$$6314 \times 0{,}967 = 6105 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

Lorsque la machine marche avec condensation, et par suite avec vide derrière le piston, c'est-à-dire, lorsque la vapeur sortant du cylindre, après avoir produit son effet, va se précipiter dans l'eau froide, au lieu de se projeter dans l'air, la contre-pression, ou la résistance qui s'oppose à la marche du piston, en sens contraire de l'arrivée de la vapeur, n'est plus en moyenne que de $0^k 15$ à $0^k 20$ par cent. carré (1).

Dans ce cas, on voit que la pression réelle sur le piston est égale à

$$3^k 40 - 0^k 20 = 3^k 20 \text{ par cent. q.,}$$

ce qui donne par suite pour le travail effectif du piston

$$3^k 20 \times 2290 \times 1.16 = 8499 \text{ kilogrammètres par coup de piston,}$$

et $$8499 \times 0{,}967 = 8218 \text{ kilogrammètres par seconde.}$$

Mais les machines n'ont pas été établies pour ces conditions, car alors, comme on le verra plus loin, elles consommeraient trop de combustible.

Supposons maintenant qu'au lieu de faire venir la vapeur dans le cylindre pendant la moitié de la course du piston, on ne la fasse entrer que pendant le premier cinquième de cette course, et qu'aussitôt que le piston est arrivé à ce cinquième, l'introduction soit entièrement interrompue, la vapeur introduite qui occupe dans le cylindre un volume égal au 1/5 de sa capacité, tend à faire continuer la marche du piston, mais alors en diminuant sans cesse de pression.

Ainsi quand le piston est arrivé au point 4, la vapeur occupe un volume égal aux 2/5 de la capacité du cylindre, et par conséquent double de son

(1) Rigoureusement si on pouvait faire le vide parfait dans le cylindre, il n'y aurait aucune contre-pression, mais il est de toute impossibilité d'arriver à ce degré; cependant quand la condensation et la pompe à air sont en bon état, que le mécanicien a soin de sa machine, on arrive à faire le vide à $0^m 68$ et même à $0^m 70$, c'est-à-dire qu'il s'en faut seulement de 6 à 8 centimètres de mercure que le vide soit complet.

volume primitif. Lorsque le piston, continuant sa marche, arrive au point 8, la vapeur occupe un volume 4 fois plus grand, et sa pression est alors 4 fois plus petite.

Voici du reste, les pressions successives de la vapeur, à chaque point de division de la course du piston, en supposant cette course partagée, comme précédemment, seulement en 10 parties égales, et en opérant de la même manière que ci-dessus.

POINTS de division.	ESPACE PARCOURU par le piston.	PRESSIONS en kilogrammes par centim. q.	TOTAL des pressions.
	m.	k.	
1	0.116	4.132	
2	0.232	4.132	
3	0.348	2.754	
4	0.464	2.066	
5	0.580	1.653	$20^{k}071$
6	0.696	1.377	
7	0.812	1.180	
8	0.928	1.033	
9	1.044	0.918	
10	1.160	0.826	

Il résulte de ce tableau que la pression moyenne de la vapeur sur le piston pendant la course est de

$$\frac{20,071}{10} = 2^{k}0071 \text{ par centimètre carré.}$$

On remarque d'abord, d'après cette table, que lorsque le piston arrive au point 9 la pression de la vapeur, qui en entrant dans le cylindre était de $4^{k}132$, est réduite à $0^{k}918$, c'est-à-dire qu'elle est inférieure à la pression atmosphérique. Par conséquent si la machine était à haute pression, sans condensation, l'échappement se faisant dans l'atmosphère, la contre-pression, ou la résistance de l'air du côté opposé à la marche du piston, serait plus grande que la pression de la vapeur qui le pousse. Ce piston s'arrêterait donc, s'il n'était forcé par l'impulsion donnée et par l'énergie du volant en mouvement.

Comme on obtiendrait alors un mouvement très-irrégulier, par cela même que le piston arriverait très-difficilement à la fin de sa course, on ne pousse pas la détente de la vapeur aussi loin dans les machines à haute pression; c'est-à-dire que pour 4 atmosphères, on introduirait la vapeur dans le cylindre pendant 3/4 au moins de la course du piston, et on ne détendrait au plus que pendant 1/4.

Quoi qu'il en soit, admettons cependant que, dans l'hypothèse qui vient

d'être faite, l'introduction n'ait eu lieu que pendant 1/5, la pression moyenne devenant $2^k 071$ par cent. carré, si le côté opposé du piston est en communication avec l'atmosphère, il a donc à vaincre pendant toute sa course la pression atmosphérique ou $1^k 033$ par cent. carré, par conséquent la pression effective n'est véritablement que

$$2^k 007 - 1^k 033 = 0^k 974$$

par cent. carré.

Donc, le travail produit par le piston n'est que de

$$0^k 974 \times 2290^{c.q.} \times 1^m 16 = 2587 \text{ kilogrammètres},$$

et sa vitesse étant de $0^m 967$, ce travail par seconde devient

$$2587 \times 0,967 = 2502 \text{ kilogrammètres}.$$

Si, au contraire, la machine est à condensation, et si, par suite, il y a vide derrière le piston, la contre-pression ou la résistance qu'il éprouve n'est plus que $0^k 20$ au plus par cent. carré, au lieu de $1^k 033$; il en résulte que la pression effective de la vapeur sur le piston est alors de

$$2^k 007 - 0^k 20 = 1^k 807,$$

ce qui donne pour travail réel produit par le piston, pendant sa course entière

$$1^k 807 \times 2290 \times 1^m 16 = 4800 \text{ kilogrammètres},$$

et, par suite, son travail par seconde devient :

$$4800 \times 0,967 = 4641 \text{ kilogrammètres},$$

c'est-à-dire que l'on obtient une force notablement plus considérable, lorsque la machine est à condensation, que lorsqu'elle marche sans condensation, la pression de la vapeur étant d'ailleurs la même dans les deux cas, ainsi que la détente, et les dimensions du cylindre et du piston étant aussi tout à fait égales.

Comparaison des résultats. — Si l'on compare maintenant les quatre résultats obtenus plus haut, savoir :

1° Détente à moitié, sans condensation.	= 6105	kilogrammètres.
2° Détente à moitié, avec condensation.	= 8218	—
2° Détente aux 4/5, sans condensation. .	= 2502	—
3° Détente aux 4/5, avec condensation. .	= 4641	—

On trouve d'abord que la quantité de vapeur dépensée dans les deux premiers cas est de

$$0^m 58 \times 0^{m.q.} 2290 = 0^{m.c.} 133$$

ou 133 litres à chaque coup de piston, comme on l'a déjà vu plus haut, et par conséquent, puisque la machine doit faire 25 révolutions ou donner

50 coups simples de piston par minute, aller et retour, la dépense de vapeur par minute est égale à

$$133^{\text{lit.}} \times 50 = 6650^{\text{lit.}} \text{ ou } 6^{\text{m.c.}}650,$$

et que dans les deux derniers cas, où l'admission ne se fait que pendant le 1/5 de la course, la dépense par coup de piston est de

$$0^{\text{m}}232 \times 0^{\text{m.q.}}2290 = 0^{\text{m.c.}}053 \text{ ou } 53 \text{ litres},$$

et par minute

$$53 \times 50 = 2650^{\text{lit.}} \text{ ou } 2^{\text{m.c.}}650.$$

Or, on se rappelle, d'après le tableau indiqué page 122 du *Cours de dessin industriel*, que le poids d'un mètre cube de vapeur à 4 atmosphères est égal à $2^{\text{k}}096$.

Donc, avec la détente à 1/2 course, la machine dépense

$$6.650 \times 2^{\text{k}}096 = 13^{\text{k}}938 \text{ par minute},$$

et par heure

$$13^{\text{k}}938 \times 60 = 836^{\text{k}}304.$$

Et avec la détente aux 4/5 de la course, la machine dépense

$$2.650 \times 2^{\text{k}}096 = 5^{\text{k}}554 \text{ par } 1',$$

et par heure

$$5^{\text{k}}554 \times 60 = 333^{\text{k}}264.$$

En admettant que les chaudières produisent 6 kil. de vapeur par kilogramme de houille, ce qui est très-proche de la vérité en pratique, on trouve que les dépenses en combustible sont de :

$$1^{\circ} \qquad \frac{836,304}{6} = 139^{\text{k}}33 \text{ par heure},$$

$$\text{Et } 2^{\circ} \qquad \frac{333,264}{6} = 55^{\text{k}}54 \text{ par heure}.$$

Il est prudent d'ajouter à ces quantités au moins $1/10^{\text{e}}$, à cause des pertes et des refroidissements de la vapeur, ce qui donne :

$$1^{\circ} \qquad 139,38 + 13,94 = 153^{\text{k}}32.$$

$$2^{\circ} \qquad 55,54 + 5,55 = 61 \text{ kilog}.$$

Voyons maintenant quelles sont, d'après ces résultats, les dépenses de charbon par force de cheval obtenue, dans chacun des cas ci-dessus.

D'abord, dans le 1er cas, la force produite sur le piston étant de 6105 kilogrammètres par seconde, est égale, exprimée en chevaux, à

$$\frac{6105}{75} = 81^{\text{chev.}}4.$$

Mais à cause des frottements de toute espèce que le piston a à vaincre, pour toutes les pièces de la machine, jusqu'à l'arbre de couche de com-

mande, etc., on estime, en pratique, que l'effet utile réel, sur l'arbre de couche, n'est que de 50 p. 0/0 du travail produit.

Le rapport entre l'effet utile et le travail produit est quelquefois au-dessous pour les petites machines, et souvent au-dessus pour les grandes machines en bon état d'entretien.

On a alors

$$81,4 \times 0,50 = 40,7 \text{ chevaux utiles,}$$

donc la dépense de charbon, dans ce cas, est égale à

$$\frac{153,32}{40,7} = 3^{k}76 \text{ par cheval et par heure.}$$

Soit près de 4 kilogrammes.

On a de même, dans le 2ᵉ cas, où le travail du piston est de

$$8218 \text{ kilogrammètres} = \frac{8218}{75} = 109^{\text{chev.}}5$$

$$109,5 \times 0,50 = 54,75 \text{ chevaux utiles,}$$

d'où la dépense de combustible est

$$\frac{153,32}{54,75} = 2^{k}82 \text{ par force de chev. et par heure.}$$

Pour le 3ᵉ cas, où le travail du piston est de 2502 kilogrammètres ou

$$\frac{2502}{75} = 33^{\text{chev.}}3,$$

et, par suite, l'effet utile de

$$33,3 \times 0,50 = 16^{\text{chev.}}65,$$

on trouve que la dépense de combustible est de

$$\frac{61}{16,65} = 3^{k}60 \text{ par cheval et par heure.}$$

Et enfin dans le 4ᵉ cas, où le travail du piston est égal à 4641 kilogrammètres ou

$$\frac{4641}{75} = 62 \text{ chevaux,}$$

l'effet utile est de

$$62 \times 0,50 = 31 \text{ chevaux effectifs,}$$

la dépense de charbon est de

$$\frac{61}{31} = 1^{k}90 \text{ par cheval et par heure,}$$

c'est-à-dire moins de 2 kilogrammes.

On voit donc, d'après cela, que dans les quatre cas que nous avons considérés, c'est le dernier, celui où la machine fonctionne avec condensation et seulement 1/5 d'admission de vapeur dans le cylindre, qui offre le plus d'avantage et le plus d'économie de combustible, par rapport à la force utile obtenue.

Et puisque avec cette simple admission et pendant le cinquième de la course du piston, on obtient une puissance effective qui dépasse 30 chevaux, on comprend que les machines se trouvent réellement dans de très-bonnes conditions.

En effet, pour faire marcher convenablement les moulins composés de 12 paires de meules, de chacune 1^{m}50 de diamètre, on a reconnu qu'il faudrait, au plus, 48 chevaux de force utile,

soit 4 chevaux par paire de meule,

y compris les appareils de nettoyage et de blutage. Chaque machine ne doit donc fournir, rigoureusement, qu'une puissance de 24 chevaux; par conséquent, en admettant la vapeur dans le cylindre, pendant une portion de la course inférieure à 1/5, on peut encore produire une force suffisante.

Observations. — On aurait pu évidemment, pour simplifier le travail des opérations précédentes, effectuer les calculs à l'aide de la table et des simples règles que nous avons données dans le IIIe vol. de ce Recueil. On pourra également recourir aux tables et données pratiques du VIIe vol. pour déterminer les quantités d'eau servant à la condensation de la vapeur et à l'alimentation des chaudières.

ERRATA.

Dans l'article que nous avons publié sur le bateau à vapeur *le Chamois* (livraison 3e de ce volume), il s'est glissé quelques erreurs que nous tenons à rectifier sans plus de retard.

Pages.	Lignes.	Au lieu de :	Lisez :
102	10	*Ward Queen.*	*Wave Queen.*
Id.	28	*Midgeon.*	*Widgeon.*
Id.	30	*Id.*	*Id.*
103	2	matière.	mâture.
Id.	11	emboutée.	emboutie.
104	28	*éloncement.*	*élancement.*
Id.	*Id.*	*quèle.*	*quète.*
Id.	30	*éloncement.*	*élancement.*
Id.	31	*quèle.*	*quète.*
109	31	cuir.	cuivre.

FILATURE.

DIVERS SYSTÈMES DE BROCHES

A ENGRENAGES DÉBRAYANTS

APPLIQUÉS AUX MÉTIERS A FILER CONTINUS ET MULL-JENNYS,

AUX MACHINES A RETORDRE ET A DOUBLER

POUR TOUTE ESPÈCE DE MATIÈRE FILAMENTEUSE,

Par **M. MULLER** (Léopold),

CONSTRUCTEUR DE MACHINES A THANN (HAUT-RHIN).

(PLANCHE 23.)



On sait que l'application de la mécanique à la filature date de plus d'un siècle; c'est particulièrement en Angleterre qu'elle s'est développée avec une prodigieuse activité, puis en France, et dans les autres pays du continent, et enfin en Amérique, où elle a marché à pas de géant.

Après le coton, qui est la matière filamenteuse la plus répandue, on a dû, tout naturellement, chercher à filer la laine, le lin, le chanvre, la bourre de soie, l'alpaga, et d'autres substances qui, étant de nature différente, doivent par suite se traiter avec des procédés différents, des appareils d'une combinaison particulière, quoique employant d'ailleurs des organes analogues.

C'est surtout dans les préparations que les moyens d'opérer diffèrent essentiellement. Ainsi, par exemple, on applique pour le coton et la laine cardée des machines préparatoires tout autres que pour la laine peignée, le lin ou le chanvre, etc.

Dans le filage proprement dit, les métiers présentent entre eux plus de similitude, du moins par les matières qui ont entre elles un certain rapport; ainsi, le *mull-jenny*, inventé d'abord spécialement pour filer le coton, s'applique parfaitement à la laine, avec de simples modifications dans

certaines parties, comme dans les proportions des engrenages, les dimensions de quelques pièces, etc. On peut en dire autant du métier à filer continu, qui est d'une construction fort ancienne et que l'on emploie dans divers établissements pour des fils de numéro peu élevé.

Quel que soit, du reste, le plus ou le moins de dissemblance qui existe dans les machines à filer, comme dans les machines de préparation, on y trouve toujours des agents mécaniques qui ont du rapprochement comme les broches, les bobines, les engrenages, les poulies, etc., que l'on combine d'une certaine façon.

Cependant, il arrive parfois que des applications d'un organe bien connu ne donnent pas, dans de certains cas, les résultats pratiques que l'on en attendait, quoiqu'elles aient d'ailleurs réussi dans d'autres.

C'est ainsi que dans les métiers à filer, l'application des engrenages a été jusqu'à ces derniers temps regardée comme très-difficile, sinon impossible, tandis que dans les préparations, comme les bancs à broches, par exemple, ils sont constamment en usage et fonctionnent d'une manière très-satisfaisante.

Les principales difficultés qui ont dû faire reculer les innovateurs, à ce sujet, sont les suivantes :

La première, de mettre en mouvement, par engrenages, des broches marchant à des vitesses de 4 à 6 mille tours par minute, selon les numéros des fils, et suivant les métiers auxquels ces engrenages doivent être appliqués.

La seconde, d'avoir un genre d'engrenage permettant de faire marcher les broches, quelle que soit leur disposition, à des vitesses aussi considérables, sans les faire vibrer ni sauter en dehors de leurs crapaudines ou de leurs collets, et surtout d'en éviter l'usure trop rapide.

La troisième, de trouver le moyen d'arrêter les broches pendant leur marche, et cela, partiellement, isolément et à volonté, sans être dans l'obligation d'arrêter les métiers, qui se composent aujourd'hui de 3, 4, 5 à 600 broches et plus, afin d'avoir l'avantage de pouvoir en rattacher les fils dès qu'ils se cassent, tout en maintenant la régularité de leur marche constante.

Dans les métiers à filer qui fonctionnent avec des cordes ou des ficelles, comme tous ceux qui ont été exécutés jusqu'alors, on a bien la faculté de pouvoir arrêter chaque broche séparément, à volonté, puisque, en serrant la poulie entre ses doigts, la corde glisse et ne l'entraîne plus ; mais il est impossible d'obtenir une parfaite égalité dans la torsion des fils, la rotation n'est pas constamment uniforme, à cause des glissements qui se produisent plus ou moins fréquemment. Les cordes occasionnent d'ailleurs, par la tension qu'on est obligé de leur donner, une usure latérale très-grande sur les parois des collets et des crapaudines, et en même temps sur les parties correspondantes des broches; celles-ci exigent, par suite, pour les faire mouvoir, plus de force motrice.

En voyant ces divers inconvénients, M. Muller fils, de Thann, ingénieur-mécanicien, qui s'occupe depuis longtemps déjà de la construction de toute espèce de métiers pour la filature, s'est tout spécialement attaché à rechercher un système propre à remplacer les cordes, les courroies ou les ficelles dans les *mull-jennys*, puis dans les continus, et dans les autres appareils où il est nécessaire que les broches marchent régulièrement.

C'est alors qu'il imagina d'appliquer à ces métiers, non de simples roues droites ou coniques, comme on le fait dans les machines de préparation, mais des engrenages débrayants, ayant la faculté de pouvoir entraîner les broches tant qu'elles doivent tourner, et de permettre d'arrêter indifféremment l'une ou l'autre d'entre elles quand on le juge à propos.

Cette application n'est plus actuellement à l'état d'essai, elle est faite dans un grand nombre de filatures où l'auteur, breveté depuis 1848, a livré plus de 150,000 broches de son système, et tous les jours on lui en fait des commandes nouvelles, qui augmentent le chiffre de plus de 2000 par mois.

Ces broches marchant par engrenages, au lieu de cordes ou ficelles, ont une rotation continue qui est incontestablement uniforme, parfaitement égale et invariable pour toutes ; il en résulte des filés qui ont une torsion très-régulière ne laissant rien à désirer.

Non-seulement leur marche est plus constante, mais elle est aussi plus légère que par les cordes ; elle ne produit pas comme celles-ci de glissement, ni de frottements inutiles ; ce qui permet de réaliser une économie notable sur l'emploi de la force motrice (laquelle est de 25 à 30 p. 0/0 dans les *mull-jennys*, et de 40 à 45 p. 0/0 dans les *continus*), et par suite, de faire mouvoir, avec la même puissance, un plus grand nombre de broches.

L'application en est peut-être plus avantageuse encore dans les métiers renvideurs, dits *self-acting*, par la raison que ces derniers ont leur mouvement plus compliqué et plus lourd et qu'ils portent généralement un plus grand nombre de broches.

Les frais d'entretien annuel, avec les broches brevetées de M. Muller, s'élèvent à peine à la moitié de ceux exigés par les broches à cordes ou à courroies. Ainsi, lorsque avec un métier *mull-jenny* à tambour et à cordes de 300 broches, marchant à la vitesse moyenne de 5500 tours par minute, on dépense, pour l'entretien annuel des crapaudines, noix, collets, ficelles, broches, plates-bandes, etc., une somme de 110 fr. 50 c., avec un métier semblable à engrenages, marchant à la même vitesse, la dépense ne s'élève pas à 60 fr.

Avant de donner la description détaillée des divers systèmes successivement proposés par l'inventeur, nous croyons indispensable de dire quelques mots de la construction des métiers continus et *mull-jenny*, auxquels il en fait plus particulièrement l'application, afin d'instruire ceux de nos lecteurs qui ne connaissent pas la combinaison et le travail de ces intéressantes machines.

MÉTIER CONTINU PERFECTIONNÉ AVEC BROCHES A ENGRENAGES
REPRÉSENTÉ SUR LES FIG. 1 ET 2, PL. 22.

La fig. 1re représente une élévation vue par bout du métier perfectionné tout monté avec l'application du mouvement des broches par engrenages.

La fig. 2 en montre une vue de face dans une partie de sa longueur du côté de la tête ou de la commande proprement dite.

La fig. 3 est une section transversale à une plus grande échelle, faite par un plan vertical passant entre deux broches consécutives.

La fig. 4 est un fragment de plus des cylindres cannelés et du mécanisme propre à faire mouvoir le guide-fil.

Ce métier, comme les autres machines à filer, doit accomplir plusieurs opérations successives qui sont : l'*étirage* des mèches, pour les allonger et augmenter leur finesse ; leur *torsion* pour les arrondir et les consolider ; le *renvidage* autour des bobines, pour les disposer convenablement, afin de faire le moins de déchets possible, pendant le travail et lors du dévidage (1).

L'*étirage* des mèches, dans les métiers continus, a lieu de la même manière que dans les bancs à broches (2), c'est-à-dire au moyen d'un certain nombre de paires de cylindres dits *étireurs* c, c' et c^2, qui tournent avec des vitesses différentes, et déterminent par suite l'allongement des mèches que l'on fait passer entre eux.

La *torsion* est effectuée par la rotation des ailettes a et des broches b, dont le mouvement, produit ordinairement par des cordes ou des courroies et des poulies, est ici obtenu par des engrenages d'angle.

Le *renvidage* des fils a lieu autour des bobines à joues o, ajustées libres sur leurs broches, le long desquelles elles doivent monter et descendre successivement.

La force que la torsion donne aux fils les rend susceptibles d'imprimer eux-mêmes le mouvement de rotation aux bobines, et d'opérer, par conséquent, sur elles, comme les cordes ou les courroies agissent sur des poulies.

Cette circonstance simplifie considérablement les métiers continus, puisqu'elle dispense de l'emploi du mécanisme renvideur si compliqué des bancs à broches. C'est leur simplification même, dit M. Alcan, qui les fait en général tant rechercher. On verra cependant que cet avantage est racheté par certains inconvénients.

DISPOSITION GÉNÉRALE DU MÉTIER. — Sur un bâti de fonte A, composé de plusieurs châssis verticaux et parallèles, sont disposés les organes que nous venons de mentionner, et à sa partie supérieure les grosses bobines B, qui contiennent les mèches venant des préparations et qui sont

(1) Voir l'*Essai sur l'industrie des matières textiles*, de M. Michel Alcan, professeur au Conservatoire des arts et métiers et à l'École centrale des arts et manufactures.

(2) Nous avons donné les dessins et la description complète d'un banc à broches perfectionné dans le VIe vol. de la *Publication industrielle*.

ordinairement doublées. Ces bobines sont traversées par des axes verticaux qui tournent librement dans des collets *d* et sur des crapaudines *e*, lorsque les mèches sont tirées par les cylindres cannelés *c*, *c'*, c^2.

La longueur du métier est évidemment en raison du nombre de broches qu'il doit contenir, et qui est le plus souvent de 250 à 300; comme l'appareil est double, chacun des côtés en contient 125 à 150. Toutes ces broches sont en acier fondu, légèrement renflées vers le milieu de leur hauteur, pour empêcher les vibrations, et elles sont placées à égale distance entre elles. L'extrémité inférieure de chacune, arrondie en forme de pivot, repose sur une crapaudine en cuivre *e'*, et la partie supérieure tourne dans un collet *d'*, également en cuivre.

Toutes les crapaudines, de chaque côté du métier, sont fixées à égale distance sur une traverse horizontale *f*, qui est en fonte et à nervures, solidement boulonnée par ses extrémités au châssis A. Il en est de même de la traverse supérieure *f'*, qui porte les collets.

Les petites bobines *o*, sur la circonférence desquelles se renvident les fils, reçoivent leur mouvement ascendant et descendant par une autre traverse f^2, que l'on appelle *chariot*, et qui marche toujours parallèlement à elle-même, entre des coulisses verticales.

Pour que l'envidage des fils autour de chaque bobine se fasse bien, régulièrement et en hélice, on les fait passer dans des guides ou *barbins i*, fixés sur le bord de la règle en bois *g*, à laquelle on imprime un mouvement de va-et-vient.

Transmission de mouvement. — Les poulies fixe et folle C et C', qui reçoivent la courroie du moteur, sont montées à l'extrémité de l'arbre de couche en fer D, situé vers le bas, mais au milieu de la largeur du métier, afin de transmettre son mouvement de rotation, en même temps à droite et à gauche. A cet effet, cet arbre porte un pignon de 52 dents *h*, qui engrène à la fois avec les deux roues droites de 85 dents E, E', lesquelles commandent chacune les roues semblables F et F', aussi de 85 dents. Ces quatre roues, de même diamètre, ont toutes leurs axes ajustés dans des chaises en fonte S, à coulisse, afin de permettre de régler exactement leur position.

Les dernières F, F' engrènent aussi avec des pignons droits *j* de 30 dents, montés sur deux axes horizontaux et parallèles *k*, qui se prolongent sur toute la longueur du métier, afin d'actionner les deux rangées de broches, quel qu'en soit d'ailleurs le nombre, au moyen d'autant de paires d'engrenages d'angle *l l'*.

Cette combinaison de mouvement remplace, comme on le voit, celle du tambour des cordes et des noix, qui était adoptée jusqu'alors dans les métiers continus. Si elle ne paraît pas, sous le rapport du nombre de pièces, simplifier le mécanisme, elle a, du moins, l'avantage d'être beaucoup plus sûre, plus rationnelle et plus exacte, pour la régularité des mouvements et par suite pour la parfaite égalité des fils.

Les roues d'angle *l* sont retenues fixes sur leur axe, au moyen d'une vis de pression ; mais les pignons d'angle *l'*, qu'elles commandent, ne sont pas fixes sur leurs broches *b* : ils y sont ajustés libres, au contraire, afin que celles-ci puissent être facilement arrêtées, toutes les fois qu'on le juge nécessaire, comme dans les mouvements à cordes. C'est à ce sujet que M. Muller a dû imaginer des dispositions particulières, qui sont réellement ingénieuses, et qui permettent de réaliser les améliorations que nous avons signalées. Nous avons cru devoir les réunir dans la description détaillée que nous donnons plus loin.

Les cylindres étireurs *c*, *c'* et c^2 des deux séries, qui existent de chaque côté du métier, reçoivent aussi leur mouvement rotatif par des séries d'engrenages qu'il est facile de reconnaître sur la fig. 1re. Ainsi, sur l'arbre principal D est le petit pignon *m*, placé près de la poulie de commande, et engrenant avec la roue droite G, qui est traversée à son centre par un goujon fixé au bâti et réunie à un autre pignon *n*, afin de commander, en en retardant la vitesse, la grande roue H.

Cette dernière engrène à la fois, d'un côté avec la roue droite I, et de l'autre avec celle intermédiaire I', qui en commande une semblable mais un peu plus petite I^2. Ce sont ces deux roues I et I^2 qui, montées sur le bout des axes *p* des cylindres étireurs de devant c^2, leur communiquent la rotation nécessaire, en rapport avec le degré d'étirage que l'on veut donner à la mèche, rapport qu'il est d'ailleurs toujours facile de modifier par des engrenages de rechange de diamètres différents. Pour cela, l'axe du pignon *n* est disposé dans un coussinet qui peut monter ou descendre selon les besoins.

Les axes *p* commandent le second rang de cylindres *c'*, au moyen d'un pignon *r* (fig. 4) engrenant avec un large intermédiaire *r'*, qui est en même temps en contact avec celui r^2 rapporté sur l'axe des seconds cannelés. Ils portent aussi chacun à l'autre extrémité (fig. 2), un pignon droit *s*, qui, par l'intermédiaire d'autres petits engrenages *t*, *t'* et t^2, commande le dernier rang de cylindres étireurs c^2, avec des vitesses qui sont nécessairement différentes, pour graduer l'étirage des mèches. On peut également varier le rapport de vitesse d'un cylindre à l'autre, en changeant simplement les intermédiaires *t*, *t'*, dont l'axe est à cet effet ajusté dans un support à coulisse *u* (fig. 1re) permettant de les rapprocher ou de les écarter à volonté.

On sait que les cylindres étireurs sont toujours accompagnés de rouleaux unis *v*, dits cylindres ou rouleaux de pression, qui maintiennent constamment les mèches appuyées sur la denture des premiers, afin d'être pincées et entraînées par ceux-ci. On charge ces rouleaux au degré convenable, à l'aide de contre-poids J (fig. 3), suspendus à des tringles K, et des traverses ou chapeaux en fonte *x*, qui servent en même temps de coussinets à leurs tourillons.

Le mouvement rectiligne de va-et-vient que doit recevoir le guide-fil *g*,

a lieu d'une manière fort simple, par une petite bielle en fer *y*, que l'on attache vers l'une de ses extrémités (fig. 4), et qui s'adapte au bouton d'une petite roue à hélice *y'*, avec laquelle engrène la vis sans fin *z*, rapportée sur le bout de l'axe du cannelé *c*. On reconnaît sans peine que ce mouvement doit être ainsi extrêmement lent et de peu d'étendue.

Quant à la marche ascensionnelle et descensionnelle du chariot f^2, qui doit faire monter et descendre successivement les bobines *o*, on l'obtient au moyen de la came excentrique en cœur L (fig. 1re), qui, dans sa rotation, agit sur le galet *g'*, appliqué sur l'un des bras du balancier ou levier à bascule M, lequel pivote exactement sur son milieu *m'*. Or, à l'aide d'une chape en fer ou en cuivre *n'*, assemblée à chacune des extrémités de cette bascule, on la relie par articulation à deux tringles semblables *k'*, qui s'élèvent verticalement pour se fixer à la traverse de fonte f^2, sur laquelle les bobines reposent par leur base. Il en résulte que, lorsque le levier M, pressé par la came, descend d'un bout, il fait descendre avec lui la tringle et la traverse correspondantes de ce côté ; tandis que celles du côté opposé montent au contraire graduellement de la même quantité et réciproquement.

On a le soin, afin de rendre la marche du chariot parfaitement parallèle, de disposer les mêmes organes vers chaque bout du métier. Et pour que le mouvement, qui d'ailleurs se fait très-lentement, soit sans cesse en rapport avec le travail même du métier, c'est-à-dire avec la vitesse des broches d'une part, et avec l'avancement et l'étirage des fils de l'autre, il faut nécessairement le faire dépendre de la commande principale. C'est pourquoi l'axe des cames porte une roue héliçoïde *h'*, qui engrène avec une vis sans fin *i'*, montée sur un arbre vertical *j'*, prolongé vers le haut, afin de recevoir de même une seconde roue analogue h^2, laquelle est alors commandée par une petite vis semblable rapportée sur le bout de l'axe de la grande roue droite H. Ainsi, quand la vitesse de celle-ci change, pour modifier l'étirage, on change en même temps la marche du chariot.

OBSERVATIONS SUR LES MÉTIERS CONTINUS.

On se rappelle qu'en parlant de l'envidage, lorsque nous avons publié (vie volume) les bancs à broches, nous avons essayé de faire comprendre que, pour qu'il pût s'effectuer, il fallait qu'il y eût une différence de vitesse entre la rotation de la broche et celle de la bobine.

Dans le métier continu, cette différence a simplement lieu par le frottement du rebord de celle-ci contre le chariot qui ralentit son mouvement. Ce rebord porte d'ailleurs ordinairement une espèce de petite crémaillère à laquelle est attaché un léger poids dont on peut faire varier l'action, suivant qu'on fait changer le bras de levier à l'extrémité duquel il agit ; ce qui se fait en le rapprochant ou en l'éloignant du centre de la bobine.

L'effet du poids sert surtout à tendre le fil, pour que le renvidage puisse se faire convenablement; il s'ensuit que cette tension doit être augmentée avec la vitesse qu'on imprime aux broches; car plus elle est grande, plus la force centrifuge tendra à éloigner le fil de la bobine, et plus il faudra exercer d'effort pour l'envelopper sur elle.

Il est facile de comprendre que si cette tension dépassait la limite de résistance du fil, il se romprait; c'est en effet ce qui a lieu lorsqu'on veut donner une accélération trop grande aux broches d'un métier continu. Or, comme elle doit être proportionnelle à la torsion qu'on veut obtenir, et que cette dernière est elle-même en rapport de la finesse des fils, on comprend qu'il est difficile d'en produire de très-fins au moyen des métiers continus, sans s'exposer à de fréquentes ruptures occasionnées par cette tension qui, d'un autre côté, absorbe une grande quantité de force motrice sans utilité, et diminue d'autant le rendement.

C'est là, dit M. Alcan, dans son intéressant traité sur la filature, la cause capitale qui s'est opposée jusqu'à présent à ce qu'on se servît du système continu aussi fréquemment qu'on l'eût fait sans cela. Il n'y a plus en effet d'avantage réel à son usage, lorsqu'on veut produire du fil dont la finesse dépasse le n° 30, ou 30 kilomètres par 500 grammes, comme nous le verrons par les résultats dont nous aurons bientôt à nous occuper.

Un autre inconvénient des continus, que nous devons signaler de suite, c'est l'irrégularité d'envidage qui doit nécessairement exister, quoi qu'on fasse, avec les métiers généralement usités; le ralentissement de vitesse de la bobine n'est pas mathématiquement proportionnel à l'augmentation de son diamètre, comme cela devrait avoir lieu, et comme on l'obtient dans les bancs à broches. La tension à donner au fil, étant réglée à la main par l'ouvrière, n'a pas non plus toujours lieu, par ce motif, de la manière la plus convenable.

C'est à ces différents inconvénients que présente ce genre de métier, qu'on a surtout cherché à remédier.

Le métier continu présente l'avantage de pouvoir être surveillé et dirigé par des femmes et des jeunes filles; une personne suffit à une machine de 240 à 280 broches.

On donne moyennement une vitesse de 4000 tours aux broches des continus ordinaires, en Normandie, où ils sont le plus employés. Les constructeurs anglais augmentent cette vitesse jusqu'à 4500. MM. Kœchlin font faire aux leurs de 5000 à 5500 tours. L'étirage total effectué entre les trois étireurs varie de 8 à 10; c'est-à-dire qu'il y a une différence de vitesse, entre ceux par lesquels la mèche est introduite et les délivreurs, de 1 à 8 et 1 à 10. Cette rotation est répartie entre les trois paires, de manière à l'effectuer graduellement.

Le nombre de tours des délivreurs est moyennement de 68 à 70 par minute, pour des fils du n° 10 à 15. On augmente un peu cette vitesse lorsqu'on fait des numéros plus communs. Le mouvement des autres cylindres

se règlera facilement d'après celui-ci; il n'y a plus qu'un calcul de proportion à établir.

Une condition essentielle à remplir dans la construction de ces métiers, c'est de monter les cylindres étireurs aussi près que possible des broches, afin de faciliter la régularité de la torsion, car si elle avait lieu sur un fil trop long, il est évident qu'elle ne pourrait être aussi uniformément répartie.

Si, comme cela arrive le plus fréquemment, on file du n° 10 à 15 métrique, la production par broche et par jour de 13 heures, pour une vitesse de 4000 tours aux broches, sera de

$$0^{k}26 \text{ à } 0^{k}28;$$

pour du fil n° 24, la production sera de

$$0^{k}066 \text{ à } 0^{k}068;$$

pour du fil n° 40, au maximum, de $0^{k}020$.

La comparaison de ces chiffres démontre le peu de service que ce genre de métier peut rendre pour les fils fins. Il est vrai qu'on cite quelquefois des produits obtenus en Angleterre, qui sont un peu supérieurs pour des finesses correspondantes; mais nous pensons qu'on donne alors ou des exceptions ou des fils qui ont été fabriqués avec du coton de qualité supérieure, ou enfin pour lequel les préparations ont été particulièrement soignées.

« Il est évident que des mèches bien laminées, convenablement doublées et tordues, disposées en bobines bien serrées, se laisseront mieux filer, casseront moins souvent, et donneront plus de résultat dans un temps donné que si elles ne s'offraient pas dans des conditions aussi favorables. Mais nous pensons, dit M. Alcan, que l'on peut considérer comme des moyennes exactes et avantageuses les produits que nous venons de donner pour des métiers dont les broches font généralement de 4000 à 4500 tours à la minute, vitesse qu'il ne nous paraît pas convenable de dépasser, quoiqu'on nous ait cité des métiers anglais faisant de 7 à 9000 tours. »

Avec le système à engrenages de M. Muller, la production est notablement plus considérable. Ainsi, dans tous les métiers continus où il a remplacé les poulies et les cordes par les roues dentées à friction, il a obtenu 40, 45 et jusqu'à 50 p. 0/0 de produits en plus.

MÉTIER MULL-JENNY PERFECTIONNÉ, A ENGRENAGES DÉBRAYANTS ET A FRICTION
(FIG. 5 ET 6, PL. 23.)

Si, dans les métiers qui précèdent, le travail s'effectue, comme on vient de le voir, d'une manière continue, il n'en est pas de même du *mull-jenny*, dans lequel il est au contraire alternatif; on sait que le renvidage n'a lieu

que lorsque les cylindres étireurs ont fourni une certaine longueur de mèche, dite *aiguillée*, et qu'elle a été tordue pour être transformée en fil.

Il est inutile de donner la description complète d'un *mull-jenny* ordinaire, parce qu'il est maintenant bien connu, et que d'ailleurs en décrivant récemment un *self-acting*, on a pu suffisamment comprendre toute sa composition. Nous ne ferons donc qu'en rappeler succinctement les éléments essentiels et nous n'avons représenté sur le dessin que la partie nouvelle, le mouvement des broches pour engrenages, qui est aujourd'hui regardé comme un grand perfectionnement apporté à ces machines.

Ainsi, la fig. 5 est une coupe verticale et transversale de la partie fixe du métier, faite par le milieu des cylindres cannelés.

La fig. 5 *bis* est une coupe transversale de chariot, faisant voir en pointillé la place qu'occupe la partie fixe du métier.

La fig. 6 est un fragment de vue de face du chariot seulement.

Ces figures montrent principalement la commande des broches, tous les autres mouvements sont supprimés.

La machine se compose de trois bâtis parallèles en fonte A, disposés à égale distance au milieu et aux extrémités. Ces bâtis sont fondus avec des patins p, qui les assujétissent solidement sur le plancher ; à leur partie supérieure, ils portent des supports de fonte S, reliés par les règles ou tables étroites d, qui reçoivent les grosses bobines B, chargées de mèches venant des préparations, et en dessous par la traverse à nervure C, sur laquelle reposent les supports des cylindres étireurs, et que l'on appelle à cet effet *porte-système*.

L'étirage consiste, comme dans les continus, en trois cylindres cannelés en fer c, c' et c^2, disposés parallèlement entre eux, dans le même plan sur toute la longueur du métier, et surmontés des rouleaux de pression v, également en fer, mais unis et recouverts de deux enveloppes dont l'une en drap et l'autre en cuir, afin de présenter une certaine élasticité. On les charge, comme à l'ordinaire, de contre-poids J, agissant par l'intermédiaire de leviers sur les chapeaux ou *sellettes* x, qui recouvrent les tourillons.

Les mèches de préparation a, pour se rendre aux étireurs, passent d'abord dans les œillets f fixés au bâti ; et se réunissent ensuite dans les *barbins* i, adaptés à la tringle longitudinale g. Ces barbins sont supprimés dans certains métiers français, et sont plus généralement employés en Angleterre.

Le fil, à la sortie des cylindres étireurs, se rend à l'extrémité supérieure des broches b dont la quantité varie ordinairement avec la finesse des produits que l'on veut obtenir ; le nombre est rarement au-dessous de 200, et dépasse souvent 300 et même 400 ; c'est surtout lorsqu'il s'agit d'arriver à une grande ténuité ; car chacun produisant moins, on en augmente la quantité.

Toutes les broches sont disposées parallèlement entre elles, suivant un même plan incliné. Dans le système à cordes, elles portent à des hauteurs

qui varient pour chacune d'elles, des noix ou petites poulies à gorge, commandées par des tambours dont l'axe est incliné de la même manière. Mais dans le système de M. Muller, la transmission de mouvement est toute autre.

Ainsi, à l'intérieur de la caisse en bois DD′ du chariot proprement dit, l'auteur dispose un axe horizontal en fer *h*, sur lequel il ajuste une roue droite en fonte F de 106 dents, engrenant avec un pignon E de 36 dents, rapporté vers les extrémités d'un second axe horizontal *k*. Ce dernier, prolongé sur toute la longueur du métier, porte, de distance en distance, comme dans les continus, des roues d'angle *l* à dents obliques, qui commandent autant de pignons d'angle *l*, ajustés libres sur les broches *b*, mais avec un manchon de friction, afin de transmettre à celles-ci une vitesse de rotation rapide, comme on le verra plus loin.

Il suffit alors de communiquer à l'arbre *h* la vitesse nécessaire, ce qui a lieu par la grande poulie G, fixée à son extrémité en dehors de la caisse (fig. 6), et qui reçoit naturellement son mouvement d'une poulie analogue appliquée à la tête du métier.

La caisse DD′ est portée sur des traverses en fonte H, par des tiges taraudées *j*, *j′*, qui descendent en contre-bas, et l'assujétissent, au moyen d'écrous et de contre-écrous, à la hauteur voulue, en permettant de varier au besoin la position. Les traverses reposent sur les axes des roues en fonte et à joues I qui tournent librement sur elles-mêmes, en roulant sur les rails droits J, placés sur le plancher perpendiculairement à la longueur du métier.

Une poulie horizontale située au delà, reçoit la corde qui est attachée au boulon prolongé *j′* de la caisse, afin de maintenir le chariot parallèlement à lui-même pendant sa marche. On sait qu'il peut avancer tout près du porte-système des cylindres étireurs, comme il est indiqué sur la fig. 5 *bis*, et s'en écarter de la quantité correspondante à la longueur des *aiguillées*, en marchant sur les rails.

La caisse se compose de deux joues verticales en bois D, assemblées aux extrémités sur des châssis en fonte D′, qui reçoivent les supports et coussinets des arbres *h* et *k*, et réunies à certaines distances par des planchettes horizontales D^2, qui maintiennent leur écartement.

Les pivots des broches reposent sur les crapaudines en cuivre *e*, qui sont fixées sur une platine en fer vissée à la plate-bande *m*, et sont retenues, vers leur partie supérieure, au-dessous de la partie qui doit être embrassée par les fils, par les collets en bronze *e′*, qui sont de même ajustés dans une platine en fer boulonnée à la plate-bande supérieure *n*. Les deux plates-bandes sont portées par les châssis de fonte et réunies par les tiges taraudées *o*.

Enfin la caisse est recouverte par un couvercle en tôle *q* qui garantit l'intérieur, et elle porte sur le devant la baguette en fer *b′*, qui règne sur toute la longueur du métier, et qui est assemblée à des leviers courbes *r*,

lesquels oscillent autour de l'axe horizontal *s* que l'on manœuvre à la main.

On a vu, par les dessins et la description du métier représenté pl. 14 et 15 qui précèdent, comment fonctionnent les différentes parties de l'appareil; nous n'avons donc pas à y revenir. Nous allons nous attacher plus particulièrement aux détails du mécanisme des broches à engrenages débrayants, pour lesquels M. Muller a imaginé successivement plusieurs dispositions ingénieuses.

DESCRIPTION DES DIVERS SYSTÈMES DE BROCHES A ENGRENAGES DÉBRAYANTS DE M. MULLER (FIG. 7 A 20, PL. 22).

Première disposition. — L'un des premiers systèmes proposés par l'auteur, et appliqué dans un grand nombre de métiers semblables au *mull-jenny* qui vient d'être décrit, est représenté à moitié d'exécution, sur les détails (fig. 7 et 8).

On a déjà remarqué dans ce système que les roues d'angle ont forcément des dentures divergentes, c'est-à-dire qu'elles ne concourent pas au centre, à cause du prolongement même des broches qui descendent en contre-bas de l'arbre horizontal de commande.

La broche *b* est bien cylindrique depuis le collet jusqu'au pied; mais audessus du pignon *l'* qui y est ajusté libre, comme on sait, on l'a renflée suivant une embase conique *a'*, contre laquelle le bout de la douille du pignon, alésée sur la même forme, vient s'appliquer très-exactement.

Ces deux surfaces coniques adhèrent entre elles d'autant mieux que le pignon d'angle tend à se soulever, d'un côté, par l'effet de la poussée des dents de la roue d'angle, et surtout, d'un autre côté, par la pression du ressort à boudin *r'* qui, à sa partie inférieure, repose sur la bague d'arrêt *s'*, et à sa partie supérieure s'appuie sous la rondelle en fer *t'*.

Celle-ci est mobile sur la broche, et est entaillée pour recevoir le bout du ressort; elle ne sert qu'à éviter l'usure sur le moyeu du pignon, quand il tourne et fait friction. La bague d'arrêt peut glisser sur la broche, et s'y fixer par une vis de pression à la hauteur nécessaire, selon la tension que l'on veut donner au ressort; elle porte également une coche pour recevoir l'extrémité inférieure de celui-ci.

Le pignon d'angle *l'* a 18 dents, et la roue qui l'engrène en a 65, de sorte que le rapport de vitesse qui existe entre ces deux engrenages est comme 65 : 18, c'est-à-dire que les broches tournent 65/18 ou 3,6 fois plus vite que l'axe horizontal de commande.

On a vu que l'arbre *h* (fig. 5 *bis*) qui transmet son mouvement à cet axe par la paire de roues droites F, E, qui sont dans le rapport de 106 à 36, porte une poulie à joues G (fig. 6), qui reçoit son action du mécanisme de ren-

vidage ou le lui donne, selon que le métier sort ou que le fileur renvide, et il en résulte par suite que toutes les broches tournent en même temps et à la même vitesse. Or, quand on veut arrêter une broche, il suffit de la serrer entre les doigts au-dessous du collet, alors le pignon d'angle marche seul, en faisant friction par sa douille contre l'embase conique. Et dès qu'on veut la remettre en activité, il suffit de la lâcher; le ressort à boudin pressant continuellement le pignon contre l'embase, produit assez d'adhérence pour entraîner la broche qui ne peut glisser. Il est évident que si, par hasard, il y avait glissement, il serait toujours facile de donner au ressort la tension nécessaire pour augmenter l'adhérence et par conséquent pour ne pas arrêter la broche.

Deuxième disposition. — Dans le second système exécuté par M. Muller, et qui n'a pas été figuré sur le dessin, comme ayant beaucoup d'analogie avec le précédent, le mouvement est exactement combiné de même, seulement la broche, plus particulièrement appliquée à une machine à retordre, est construite ainsi que les pièces qu'elle porte sur des proportions plus fortes que pour les *mull-jenny*; et l'embase conique avec laquelle la douille du pignon d'angle est mise en contact par le ressort à boudin est surmontée d'un petit plateau horizontal en saillie, qui permet d'arrêter plus facilement la broche. Dans cette application, le rapport entre les deux engrenages d'angle est de 47 à 17.

Troisième disposition. — Cette disposition est représentée sur les fig. 9 et 10; la broche *b* est aussi exécutée pour un *mull-jenny;* elle n'a pas d'embase conique, mais une embase plate *e'*, sur laquelle s'appuie le ressort à boudin *r'*, disposé au-dessus, entre cette dernière et le disque mobile à fourche *d'*. Le pignon d'angle *l'* est ajusté libre sur la broche, et se pose directement sur la bague d'arrêt *s'* que l'on fixe à la hauteur convenable par une vis de pression.

Les deux branches *f'* de la fourche qui fait corps avec le disque *d'*, passent dans deux encoches pratiquées sur la circonférence de l'embase plate *e'*, et s'engagent par leur extrémité dans celles correspondantes également ménagées au bout de la douille du pignon d'angle, afin de se trouver entraînées dans la rotation de ce dernier, et par suite de faire tourner la broche.

Quand on veut arrêter celle-ci, on presse avec les doigts sur le plateau *d'* qui étant mobile sur elle, descend un peu, en serrant le ressort à boudin, et les deux branches de sa fourche, glissant dans les coches, se dégagent par le bout du pignon, qui alors tourne librement sans entraîner la broche.

De même, pour remettre en mouvement, on lâche le plateau *d'* qui se relève aussitôt par l'effet du ressort à boudin, et reprend sa position primitive indiquée sur la fig. 9. Les deux branches de la fourche se trouvent engagées dans leurs coches, et le pignon, qui n'a pas cessé de tourner, entraîne tout le système dans sa rotation.

QUATRIÈME DISPOSITION. — On voit par les fig. 11 et 12 que cette disposition a beaucoup d'analogie avec la précédente, seulement la fourche est ici remplacée par une douille *f'* qui est fondue avec le plateau ou disque *d'*, et à sa partie inférieure sont ménagés deux ergots qui pénètrent dans les coches correspondantes de la base du pignon, en traversant celles également pratiquées dans l'épaisseur de la bague ou embase *e'* qui est fixée à la broche. On comprend sans peine que ce système fonctionne alors exactement comme celui de la fig. 9.

CINQUIÈME DISPOSITION. — Les fig. 13 et 14 montrent un système de broches à engrenage, dans lequel on a supprimé entièrement l'emploi du ressort. La douille du pignon d'angle *l'* qui repose toujours sur la bague d'arrêt *s'*, se prolonge au-dessus et se trouve coupée suivant un plan incliné, mis en contact avec un autre semblable qui termine le canon supérieur en fonte *k'*, et renvoie à ce dernier par une petite goupille *g'*.

Or, une encoche allongée est pratiquée vers le haut de ce canon pour recevoir également une autre goupille ou cheville ronde *f'* fixée à la broche. Il en résulte que lorsqu'on soulève ce canon de la hauteur du plan incliné, ce qui lui est permis par le jeu laissé à la longueur de l'encoche, le pignon qui l'entraînait par la goupille *g'* tourne librement et la broche reste immobile. Par suite, pour remettre celle-ci en activité, il suffit de laisser redescendre le canon sur la douille du pignon, la goupille *g'* rencontre bientôt l'orifice correspondant, et tout le système est entraîné dans le mouvement de rotation.

Ce système est également appliqué par M. Muller dans les métiers *mull-jenny*.

SIXIÈME DISPOSITION. — Dans la combinaison indiquée fig. 15 et 16, et qui a fait le sujet d'une addition prise en 1851, sur son brevet primitif, M. Muller a cherché à appliquer de véritables engrenages coniques à dentures convergeant exactement au centre ou au point de rencontre des deux axes sans excentrer ceux-ci. A cet effet, il s'est arrangé pour placer la crapaudine qui reçoit le pivot de la broche au-dessus de l'arbre horizontal portant les roues d'angle de commande.

Toutes les crapaudines, situées à la même hauteur, sont alors ajustées sur une plate-bande en métal P, qui se fixe sur les bâtis du métier au-dessus de l'arbre *k*, au lieu de se placer au-dessous. Cette disposition raccourcit la hauteur de la broche, et son pignon vient très-près de son pivot.

Quant au mécanisme d'embrayage, on reconnaît qu'il a beaucoup de similitude avec celui indiqué dans les fig. 7 et 8, si ce n'est qu'il est renversé. Ainsi la base conique *a'* se trouve en contre-bas au lieu d'être en contre-haut, et par suite le ressort à boudin *r'* est placé au-dessus au lieu de se mettre au-dessus du pignon. On comprend, du reste, que la manœuvre s'effectue exactement de la même manière, soit pour arrêter la broche, soit pour la faire marcher.

Septième et huitième dispositions. — Quoique les divers systèmes que l'on vient de voir soient plus spécialement appliqués aux broches de *mull-jenny*, il est facile de concevoir qu'on peut également en faire l'application aux broches de métiers continus, en tenant les pièces un peu plus fortes. Toutefois M. Muller admet de préférence, depuis quelque temps, pour ces métiers, les dernières dispositions indiquées sur les fig. 17 à 20, qui se distinguent des précédentes surtout parce qu'elles donnent la facilité de pouvoir aussi bien débrayer ou embrayer avec le pied ou le genou qu'avec les doigts, ce qui est avantageux dans certains cas, en ce que les ouvrières ont alors les deux mains entièrement libres.

Dans les fig. 17 et 18, on remarque que l'embase en fonte d^2, qui est fixée à la broche, et contre laquelle le moyeu du pignon doit s'appliquer, poussé par le ressort r', présente la forme d'un disque ou plateau circulaire qui désaffleure la base de l'engrenage et même sa denture, afin de garantir cette dernière ; cette saillie est suffisante pour qu'en appuyant sur la circonférence ce disque et la broche soient arrêtés, car quoique l'adhérence soit assez grande, pour que le pignon les entraîne dans sa rotation, lorsque aucune pression extérieure n'a lieu contre ce plateau, néanmoins elle n'est pas assez considérable pour produire cet effet, lorsque le contraire a lieu ; le pignon fait friction, il y a glissement, mais non entraînement.

Il résulte donc de cette combinaison qu'il suffit d'appliquer légèrement le genou contre le bord du disque, quand on veut arrêter la broche, pour reprendre un fil cassé, ou pour toute autre cause, et de lâcher dès qu'on veut la remettre en action. Quelques trous o' sont pratiqués dans l'épaisseur la plus faible du plateau pour servir à graisser au besoin.

Sur les coupes, fig. 19 et 20, le contact et la friction ont lieu sur des surfaces coniques, et non sur des parties planes, mais il est évident que la manœuvre s'effectue absolument de la même manière.

Ces dispositions ne sont pas seulement applicables aux métiers continus pour le coton et la laine, mais encore aux métiers en usage dans la filature du lin et du chanvre.

DIFFÉRENCE DES FRAIS D'ENTRETIEN ENTRE LES MÉTIERS A CORDES ET LES MÉTIERS A ENGRENAGES.

Dans un mémoire imprimé tout récemment, M. Muller, après avoir fait ressortir les avantages de son système appliqué aux métiers à filer, aux machines à retordre et à doubler les matières filamenteuses, donne une liste très-longue des principaux manufacturiers qui l'ont adopté dans leurs filatures, et il termine par le tableau suivant qui montre l'économie qu'il permet de réaliser sur l'ancien système à poulies et à cordes.

TABLEAU COMPARATIF DES FRAIS D'ENTRETIEN ANNUEL DES MÉTIERS MULL-JENNY DE 300 BROCHES A 5,500 TOURS PAR MINUTE.

BROCHES MUES PAR DES TAMBOURS, POULIES, CORDES ET FICELLES.	fr. c.	BROCHES MUES PAR ENGRENAGES A FRICTION ET DÉBRAYANTS.	fr. c.
Tambours, leur crapaudine, noix, collets...	20 »	Engrenages de broches (moyenne de six ans).	22 50
Cordes à tambours...	30 »	Broches (moyenne de douze ans)...	18 »
Ficelles pour broches...	20 »	Plates-bandes, collets et crapaudines...	12 »
Broches (moyenne de huit ans)...	22 50	Arbres, supports, engrenages donnant le mouvement aux broches...	6 »
Plates-bandes, collets et crapaudines...	18 »		
	fr. 110 50		fr. 58 50

AMÉLIORATION DES FONTES DE SECONDE FUSION,

PAR L'EMPLOI DU COKE PURIFIÉ,

D'après les procédés de M. CALVERT.

Un mémoire présenté récemment par M. le général Morin à l'Académie des Sciences contient le résultat des expériences comparatives faites par M. W. Fairbairn, correspondant de l'Académie, sur la résistance à la flexion et la rupture des fontes d'Écosse, d'Eglinton, fabriquées à l'air chaud, refondues au cubilot avec un coke épuré par le procédé de M. Calvert, et des mêmes fontes refondues de même, mais avec du coke non épuré.

M. Fairbairn a opéré sur six barres de chaque espèce de fonte, ayant chacune 24 à 25 millimètres d'équarrissage et 1^m372 de portée, en les chargeant au milieu de leur longueur.

Dans chaque série d'expériences, les résultats ont été assez concordants pour qu'il soit permis d'en prendre la moyenne arithmétique, et il suit de leur comparaison que la résistance moyenne à la rupture des fontes refondues, obtenues avec le coke purifié, est à celle des fontes refondues avec le coke ordinaire, dans le rapport des nombres 234 et 194 ou 6 à 5; ce qui montre l'avantage de l'emploi du coke purifié pour les fontes de seconde fusion sur celui du coke ordinaire non épuré.

Nous espérons publier bientôt à ce sujet les ingénieux appareils de M. Bérard, qu'il a appliqués en France et en Angleterre.

CONSERVATION DES GRAINS.

SYSTÈME COMPLET D'EMMAGASINAGE

ET DE CONSERVATION DES CÉRÉALES,

Par **M. Henri HUART**, négociant à Cambrai.

(PLANCHE 23.)

EXPOSÉ.

Il y a plus de trente-cinq ans, un homme de bien, M. d'Artigues, membre du conseil d'administration de la Société d'encouragement et du Conseil général des manufactures, disait, au sujet de la conservation des blés ;

« Les années de disette qui affligent souvent la France, et au soulagement desquelles les années d'abondance antérieures n'apportent aucun secours, font que celui qui trouverait un moyen pour conserver facilement, sûrement et à bon marché, les blés des bonnes années, rendrait le plus grand service à la France et à l'humanité entière. L'appât des bénéfices engage plusieurs personnes qui bravent les dangers qu'on court à conserver les blés, ainsi que les frais et les pertes qu'entraîne cette conservation, à en amasser dans les temps d'abondance, pour les reverser dans le commerce pendant les disettes. Mais le nombre de ces commerçants, qu'on ne saurait trop encourager, est beaucoup diminué par la crainte, les embarras et les dépenses qui sont la suite inévitable des grands approvisionnements de blés. La France surtout est très en arrière des autres nations pour ce genre de spéculation. Pendant les années d'abondance les étrangers nous achètent, à vil prix, nos plus beaux blés, et lorsque les mauvaises années sévissent, ils nous les rapportent détériorés et nous les revendent à un prix très-élevé. »

Selon un savant agriculteur, M. de Gasparin, de l'Académie de sciences, l'approvisionnement total en France est de 75 millions d'hectolitres de tous grains, réduits à leur équivalent en froment, déduction faite des semences

et de l'avoine (1). Or, s'il y a des années d'abondance qui produisent, en moyenne, jusqu'à 20 pour 100 en plus dans tout le pays, il y a aussi des années de disette qui sont en déficit de 6, 8, et même 10 millions d'hectolitres, telles sont les années 1847 et 1853. M. Tardieu, professeur à la faculté de médecine, a relaté dans son Dictionnaire d'hygiène publique que de 1829 à 1840, l'importation du froment en grain et en farine s'est élevé à 271 millions de francs, et l'exportation n'a été que de 43 millions au prix moyen de 20 fr. l'hectolitre.

D'après cela on doit comprendre de quelle importance un bon système de réserve serait pour la France et en général pour tous les pays civilisés, mais la question est tellement complexe, tellement difficile qu'il s'est passé bien des années avant qu'elle fût résolue dans son entier. Nous croyons que pour être résolue d'une manière complète, elle doit réunir les conditions suivantes :

Conserver les blés pendant un temps indéterminé ;

Les améliorer en les conservant ;

Opérer sur des quantités considérables, sans employer de plus grands locaux ;

Et obtenir, de plus, une économie de dépense d'établissement et de manutention.

C'est ainsi que M. Huart, de Cambrai, a compris cet intéressant problème, et il l'a résolu, nous devons nous empresser de le dire, de la manière la plus ingénieuse et la plus satisfaisante.

L'auteur, qui en manufacturier intelligent et expérimenté s'occupe, depuis des années, de la mouture et de l'exploitation des blés, a reconnu en principe que le grain complétement nettoyé, purgé des insectes destructeurs, des larves, des détritus, des poussières et corps étrangers qu'il renfermait, peut se conserver indéfiniment, après avoir été amené à ces conditions de pureté, lorsque par un mouvement continu il est mis en contact constant avec des couches d'air froid.

Nous avons pu nous convaincre, par nous-même, des bons résultats obtenus par M. Huart, en nous rendant à son usine, à Cambrai, où nous avons suivi avec le plus grand intérêt toutes les expériences qui s'y renouvellent chaque jour sur des quantités de blés assez considérables.

Il a fallu, nous le reconnaissons, une grande persévérance de la part de l'inventeur, et en même temps un grand désir d'arriver à bien, pour travailler à un sujet aussi difficile, qui a occupé les meilleurs esprits, et en faisant journellement des dépenses nouvelles, pour les essais de toutes sortes.

Le système perfectionné, aujourd'hui en activité chez M. Huart, et que nous pouvons appeler grand magasin mobile, a le double mérite de con-

(1) On estime que la quantité de semence est de 16 millions d'hectolitres pour une récolte de 70 millions.

tenir trois à quatre fois plus de blé, à capacité égale, que les magasins actuels établis dans les meilleures conditions, de coûter beaucoup moins, d'exiger incomparablement moins de frais d'entretien, et de conserver réellement des masses de grains pendant plusieurs années.

Ayant dû, pour nous éclairer d'abord sur la question, rechercher tout ce qui s'est fait antérieurement sur le même sujet, nous avons pu aisément établir des comparaisons et nous convaincre de la supériorité de cet appareil.

Avant d'en donner la description détaillée nous croyons qu'il ne sera pas sans quelque intérêt, pour un grand nombre de nos lecteurs, de connaître les divers procédés de conservation qui ont été successivement proposés depuis une cinquante d'années. L'historique que nous allons en faire, aura d'ailleurs cet avantage de démontrer combien l'on s'est occupé de cette importante question « de la conservation des grains » qui intéresse également l'agriculture, le bien-être des particuliers, le bonheur et la sûreté publique, et qui, à diverses époques, attire l'attention du gouvernement, comme celle de tous les hommes de bien, qui cherchent à appliquer les connaissances acquises au perfectionnement de l'ordre social.

NOTICE HISTORIQUE SUR LA CONSERVATION DES BLÉS.

« Les pays les plus fertiles, a dit M. de Gasparin, dans son remarquable mémoire à l'Académie des sciences, les pays qui produisent habituellement au delà de leur subsistance, peuvent être exposés à subir les effets de la disette par une foule d'accidents physiques, et l'idée la plus simple qui se présente pour y remédier, c'est celle que, dans les temps les plus anciens, Joseph proposa à Pharaon quand, prévoyant les sept années de stérilité qui devaient suivre sept années d'abondance, il lui fit accumuler, pendant les premières, les excédants de produit qui devaient servir aux autres ; c'est aussi ce qui se pratique à la Chine. Chez ces deux peuples qui s'étaient interdit volontairement tout commerce étranger, l'accumulation des réserves était une nécessité, à moins qu'on ne voulût livrer les excédants au gaspillage, et cette nécessité prévenait ensuite le mal causé par l'isolement forcé de ces nations. On avait des greniers de réserve à Berne qui, par sa situation topographique, loin des côtes et au milieu des montagnes, ne pouvait se procurer facilement les blés qui lui avaient manqué. Mais, hors ces cas exceptionnels et si bien indiqués par les circonstances, les réserves de grain ont été souvent projetées, mais n'ont jamais été effectuées. Le décret de la Convention du 9 août 1793 est resté une lettre morte dans le *Bulletin des lois*, et les constructions de Napoléon, qui n'avaient d'ailleurs pour but que l'approvisionnement de Paris, n'ont pas rempli l'objet auquel il les avait destinées.

CAUSES D'ALTÉRATION DES BLÉS.

Avant d'indiquer les moyens de conservation proposés, nous devons faire remarquer, avec un savant distingué, M. Payen, qui a été chargé, en 1837, d'un rapport

à la Société d'encouragement, sur un concours à ouvrir concernant la conservation des grains et l'essai des farines (1);

Que l'infection des blés par les œufs des alucites a lieu dans les champs mêmes, avant la rentrée des gerbes; que les larves se développent ultérieurement, attaquent et dévorent l'intérieur des grains, puis se métamorphosent et reproduisent les papillons;

Que l'humidité répandue dans les blés est une des causes puissantes de leurs altérations ultérieures; qu'elle occasionne parfois un commencement de germination des blés dans les épis eux-mêmes, et plus tard, ces modifications toutes fâcheuses à différents degrés, qui résultent des fermentations spontanées parmi les embryons, les périspermes et leurs tégumens;

Que les charançons n'attaquent, en général, les grains que dans les greniers, et ne se perpétuent qu'à la faveur de l'asile et de la nourriture offerts par ces sortes de magasins de toutes parts accessibles.

Les premiers soins à recommander nous semblent donc devoir porter sur la moisson à faire en temps opportun, dès que la maturation utile est arrivée; puis sur une extraction rapide des grains pour les placer aussitôt dans les conditions de l'emmagasinage adopté. A cet égard le battage mécanique rendrait souvent service aux agriculteurs. en évitant de laisser le succès de la conservation sous la dépendance des batteurs en grange.

Après ces précautions, tout moyen de produire économiquement, dès que le battage est fait, une dessiccation des grains suffisante pour prévenir la fermentation et les moisissures, capable aussi d'empêcher la propagation des insectes, puis un emmagasinage qui prévienne le retour des mêmes causes d'avaries, devraient réunir les conditions nécessaires pour la solution du problème.

PROCÉDÉS CHIMIQUES.

Dès 1808, on annonçait à la Société d'encouragement les faits suivants:

1° Que M. Van den Driesche avait reconnu que la fleur de sureau était propre à écarter les charançons et les vers qui se mettent dans les grains et la farine.

2° Que M. de Joguet, sous-préfet à La Réole, attribuait la même propriété au gaz acide muriatique oxygéné.

3° Que M. Decamp neveu, de Cambrai, avait également observé que les insectes n'attaquent pas le blé conservé sur les planches où l'on a fait sécher de la graine d'oignon (2).

M. de Dombasle avait aussi proposé l'application du gaz acide sulfureux pour tous les insectes développés, et M. Robin avait exécuté un appareil spécial pour la destruction des œufs et larves des alucites.

Le 9 octobre 1839, MM. Stombe frères, de Ribemont (Aisne), obtinrent un brevet

(1) La Société fonda alors un prix de 4,000 fr. à décerner, en 1841, à l'auteur du meilleur procédé parmi ceux qui suffiraient à la conservation des grains dans les fermes et les magasins; et un deuxième prix de 1,500 fr. destiné au meilleur mode de nettoyage des grains attaqués par les insectes et infectés de caries (voir le Bulletin de 1837, pages 517 et suivantes).

Ces prix ont été successivement reportés aux concours de 1843, de 1845, et, en définitive, n'ont pas été remportés.

(2) Ce moyen a été reconnu encore tout récemment comme très-efficace, et porté à la connaissance de la Société impériale d'agriculture par M. le ministre du commerce et des travaux publics.

d'importation de cinq ans pour un procédé empêchant la carie du blé de semence(1). Voici leur description :

1° On met tremper un hectolitre de semence dans 64 litres d'eau.

2° On y jette 2 livres de sel de cuisine, 1/4 d'once d'arsenic et pareille quantité d'alun, 1/4 d'once d'ail pilé et 2/60 d'un litre d'eau dans laquelle il entre 1/16 de litre d'esprit de vin et pareille quantité d'éther.

3° Quand le grain a trempé pendant une demi-heure dans cette composition, on le retire de l'eau et on le place dans une manne contenant un 1/2 hectolitre pour le laisser égoutter pendant l'espace d'un quart d'heure ; après quoi on dépose la contenance de la manne en tas dans le grenier.

4° On jette sur ce tas 8 décilitres de chaux en poudre ; on laisse le tas dans cette position trois heures seulement ; après quoi l'on peut disposer du grain pour le semer.

5° La même eau peut servir tant qu'elle n'est pas épuisée, mais il faut diminuer la quantité de grain dans la même proportion dans laquelle le volume de l'eau a diminué ; et, quand on remet de l'eau, il faut ajouter une dose de la composition ci-dessus qui corresponde au volume d'eau ajouté.

6° Au moyen de cette méthode, on peut prendre pour semence même le blé noir, ce qui permet de rendre le blé de bonne qualité.

7° Dans quelques conditions de climat ou de température qu'on se trouve, et par quelque personne qu'on fasse faire le chaulage, le préservatif indiqué plus haut est infaillible.

M. Ledoux, de Bonny sur Loire, a aussi demandé un brevet en 1845 pour un mode de conservation par l'acide carbonique ; à cet effet, il renferme le grain dans des tambours en tôle étamée, qu'il anime d'un mouvement de rotation et dans lesquels il envoie des courants de gaz jusqu'à la pression de 2 à 3 atmosphères ; et il laisse le blé dans cet état jusqu'à la livraison (2).

Enfin le 18 juin 1852, MM. Bizet et Gaultier de Claubry, obtinrent également un brevet de quinze ans pour un procédé qu'ils décrivent longuement et qui consiste simplement dans l'emploi du *chlore* envoyé en quantités convenables dans les chambres qui renferment le blé.

PELLETAGE DANS LES GRENIERS.

Ce moyen connu de tous les agriculteurs, et peut-être le seul qui soit aujourd'hui employé en France, diminue les effets de l'altération spontanée des blés et entrave évidemment la reproduction des insectes, mais relativement aux années humides, aux constructions anciennes infectées de charançons, aux blés attaqués par les alucites, il est tout à fait insuffisant ; les pertes énormes, dit M. Payen, éprouvées par ces causes en France, en fournissent la preuve irrécusable. Nous devons ajouter que ce procédé est d'ailleurs dispendieux par la main-d'œuvre qu'il exige, comme par les frais de bâtiments auquel il entraîne.

DES SILOS.

Les fosses ou les silos que l'on a cherché à appliquer chez nous sont beaucoup en usage dans les pays méridionaux où leur emploi a été indiqué par les auteurs grecs et latins. On a ainsi conservé les blés, de temps immémorial, dans une grande partie de l'Asie, de l'Afrique et même de l'Europe.

(1) Voir tome LIV, page 327 des *Brevets expirés*.

(2) Tome IV, page 24, pl. 14 des *Brevets* publiés selon la nouvelle loi de 1844.

M. Ternaux, l'un des plus habiles manufacturiers du commencement de ce siècle, et qui a rendu de si grands services à l'industrie, avait fait construire en 1819 et 1820, dans sa propriété de Saint-Ouen, deux silos contenant chacun près de 200 hectolitres de blé.

Le premier silo avait 4 mètres de profondeur, et 3 m 50 de diamètre ; il était revêtu, à 2 m 30 de hauteur, d'une maçonnerie ordinaire formant voûte, terminée par une cheminée en briques qui s'élevait à 20 centimètres au-dessus du sol. Les parois de ce *silo*, depuis la base jusqu'à la naissance de la cheminée, furent garnies d'une couche de paille de seigle de 25 centimètres d'épaisseur, maintenue par des lattes d'osier qui s'engageaient dans des crochets de fer placés de distance en distance (1).

Le fond de la fosse fut couvert d'un lit de fascines épais de 32 centimètres et d'une couche de paille de seigle longue, sur laquelle fut placée une natte de paille tressée grossièrement, le tout fut pressé et foulé de manière à laisser le moins d'air possible.

Le 10 décembre suivant, et par un temps pluvieux, M. Ternaux fit déposer dans cette fosse 199 hectolitres de blé froment de bonne qualité, assez sec et n'ayant ni goût ni odeur. Après avoir rempli autant que possible avec de la paille, on ferma la bouche inférieure, au moyen d'un couvercle en bois de chêne ; on combla la cheminée de pierres, on la ferma hermétiquement d'une dalle scellée avec du plâtre, et on recouvrit le tout de la terre provenant de l'excavation.

La fosse ayant été ouverte le 12 octobre 1820, on trouva que, sur la quantité de grain qui y avait séjourné dix mois et demi, un seul hectolitre environ avait contracté une faible odeur de moisissure; ce qui s'explique naturellement par le contact immédiat de cette quantité avec la partie supérieure du silo, dont la maçonnerie venait d'être récemment construite. Le surplus s'est trouvé dans le meilleur état de conservation que l'on puisse désirer, et a donné des farines d'excellente qualité et du pain très-blanc et de bon goût, semblable au pain fait avec du blé conservé par la méthode ordinaire.

Un homme fort honorable et bien connu, M. de Lasteyrie, avait été chargé en 1822, au nom d'une commission spéciale, d'adresser un rapport à la Société d'encouragement sur les résultats obtenus par un tel système qui lui parut d'un avantage réel, car il en rendit compte d'une manière très-favorable en constatant le bon état de conservation des blés, après l'ouverture des silos.

Plus tard, en 1823, dans un second mémoire très-développé, où il considère les avantages que l'agriculture, le commerce et la population retireraient d'une conservation facile, sûre et économique, il fit connaître les diverses expériences qui furent faites avec des appareils analogues.

« Le grain peut se conserver dans la terre, dit M. de Lasteyrie (2), pendant une, deux et trois années, et même plus longtemps, lorsqu'il se trouve enveloppé d'une forte couche de paille, que le sol est assez solide pour supporter ce genre de construction, et que le terrain est d'une nature à ne pas donner accès à une *trop grande humidité* ou à une infiltration des eaux pluviales. Il est bon d'observer que, dans les pays même où l'usage de conserver les grains dans des silos est généralement répandu, on emploie très-rarement les fosses non murées, par la raison qu'on a reconnu que le grain ne peut s'y conserver longtemps, sans subir un degré d'altération quelconque ; on ne fait usage de cette méthode que dans les cantons où le sol est de nature à ne donner aucun accès aux infiltrations des eaux; c'est ce qu'on

(1) Voir le *Bulletin de la Société d'Encouragement* (1820, page 334).
(2) *Bulletin de la Société d'Encouragement* (1823, pages 244 et suivantes).

voit en Toscane, où quelques petits métayers déposent ainsi leurs grains pendant un ou deux ans, tandis que les propriétaires qui veulent attendre la hausse des prix, les conservent dans des silos murés pendant un nombre d'années indéterminé. En Pologne, on jette aussi le blé dans des fosses garnies de paille, dans les années d'abondance; mais le vil prix de cette denrée permet d'en perdre une certaine quantité, pour conserver la plus grande partie des récoltes. »

Plus loin, M. de Lasteyrie dit dans son rapport ;

« Les expériences, faites à l'abattoir du Roule, n'ont pas eu les résultats qu'on avait lieu d'espérer si toutes les précautions nécessaires avaient pu être prévues.

« Le premier silo construit en moellon et revêtu d'une lame de plomb, a été rempli de blé, puis recouvert d'une autre lame reployée avec la première : le tout a été couvert d'une natte en paille, d'une petite couche de sable et d'une seconde couche très-épaisse de chaux. Malgré ces précautions, l'humidité s'est introduite à travers les jointures du plomb, et la chaux en se combinant avec le gaz acide carbonique, produit par la fermentation du grain, a pu, en augmentant la proportion d'oxygène, rendre l'air propre à la respiration des insectes qui se sont trouvés jusque vers le milieu du silo, et qui ont occasionné de légers dégâts. L'air sorti de cette fosse, analysé par M. *Vauquelin*, n'a offert aucun excès d'acide carbonique : ainsi le moyen employé contre l'humidité n'a pu la prévenir entièrement, et il a été funeste au blé, en appropriant l'air à la respiration et à la vie des insectes.

« La seconde fosse de l'abattoir du Roule a été creusée en terre, sans voûte ni murailles. On y a fait brûler quelques fagots pour dessécher et durcir les parois qu'on a revêtues en paille avant d'y jeter le grain. La conservation du blé n'a pu être très-bonne dans cette fosse; la moisissure s'est manifestée en quelques endroits, et les charançons ont attaqué le blé et se sont trouvés jusque vers le tiers de la hauteur. L'activité de ces insectes doit être attribuée, comme dans la fosse précédente, à la présence de la chaux.

« Dans la troisième fosse, construite en briques, on avait formé, à un décimètre des murailles, un revêtement en briques sans mortier : aussi l'humidité du sol ayant trouvé plus d'accès, malgré la chaux dont la fosse a été couverte, la masse de blé avarié a été plus considérable, et les insectes, ayant une plus grande quantité d'air, se sont manifestés dans la partie supérieure des grains ainsi que dans le fond.

« D'autres expériences ont été tentées à l'abattoir du Roule. Le grain renfermé dans un grand vase en grès recouvert d'une lame de plomb, sans addition de chaux, n'a donné aucun indice de charançons, et s'est trouvé assez bien conservé; mais le gonflement du grain ayant fait fendre le vase, le blé qui se trouvait contre la fente avait pris de la moisissure.

« Trois autres vases ont été déposés dans un caveau souterrain, dont deux, surmontés de paille et de leur couvercle, ont eu : l'un, le blé rongé par les charançons, et l'autre avarié par l'humidité, mais sans charançons; enfin, le troisième vase était une grande bouteille en grès, à col étroit fermé par une lame de plomb. Cette expérience est la seule de toutes celles dont nous venons de parler où le blé se soit parfaitement bien conservé, et où il n'ait souffert aucun dommage ni de l'humidité, ni des charançons.

« On doit donc conclure de tous ces faits, que les blés ont été altérés et devaient l'être dans les circonstances où ils ne se trouvaient pas suffisamment abrités contre l'humidité, ainsi que dans celles où l'air, rendu propre à la respiration par la présence de la chaux, a soutenu la vitalité des insectes.

« Nous devons parler d'un magasin fait dans une des caves du grenier d'abondance, avec des planches épaisses en chêne. Le blé s'y est parfaitement conservé pendant l'espace d'un an, sauf un peu d'humidité qu'il a éprouvée dans l'un de ses côtés adossé à la muraille. Ces espèces de chambres en bois peuvent être employées avec avantage dans de certaines circonstances ; mais leur prix élevé, comparé à leur durée, n'en permettra l'usage que dans un très-petit nombre de localités. D'ailleurs, l'influence de l'humidité, de la chaleur ou du froid peut, d'après la position où elle serait placée, produire sur le blé des effets qui tendraient à le détériorer ou à le corrompre si on l'abandonnait dans ces chambres pendant plusieurs années : les jointures des planches pourraient même donner accès à l'air extérieur, ce qui permettrait aux charançons de vivre et d'exercer leurs ravages.

« A l'hôpital Saint-Louis, on avait établi deux fosses destinées à conserver des blés au besoin pendant dix années, elles étaient en moellon, pierre meulière, et en chaux maigre et grasse, avec des enduits de bitume, de ciment, de litharge et d'huile, et enfin avec des revêtements en chaux maigre et sable. Après avoir creusé le terrain, on avait garni le fond d'une première couche en cailloutage, ensuite d'une seconde en pierre meulière à sec, et on avait formé sur cette base le sol des silos avec des pierres meulières garnies d'un mortier à chaux maigre et à sable. La construction des murailles latérales a été variée, en joignant les briques, le moellon, la pierre meulière, tantôt avec de la chaux grasse, tantôt avec de la chaux maigre; enfin ces différentes portions de murailles ont été laissées sans revêtement dans quelques parties, tandis que dans d'autres elles ont été couvertes d'un enduit à chaux maigre et à sable, ou d'une couche de bitume ou de ciment composé de briques pulvérisées, de litharge et d'huile. La partie extérieure des murs avait été garnie d'une couche de gros sable, dans l'épaisseur de deux décimètres environ. Cette précaution avait été prise, afin que les eaux pluviales, en pénétrant le sol, ne pussent séjourner contre les murs du silo ou à sa base.

« Pour rendre imperméables les revêtements faits à chaux et à sable, on avait eu soin de les carboniser en faisant brûler, à plusieurs reprises, du charbon dans l'intérieur des silos.

« Ces silos ayant été construits avec ces diverses combinaisons de matériaux et avec les soins indiqués, on a versé dans l'un 126 hectolitres et demi, et dans l'autre 131 et demi de grains fournis par la réserve de Paris. On a scellé les fosses et on a adressé au ministre de l'intérieur le procès-verbal de cette opération. Ces mêmes fosses ayant été ouvertes au bout d'une année révolue, le membre de la commission, chargé par le ministre de diriger ces opérations, a remis à son Excellence le procès-verbal qui constatait l'état des grains et celui des fosses. L'administration des subsistances de Paris a pareillement dressé de son côté des procès-verbaux pour constater le même état.

« Il résulte des diverses observations qui ont été faites pendant l'extraction et après l'entière évacuation, que les parties de grains qui étaient contre les revêtements de mortier à chaux maigre, carbonisée, ou contre ceux en bitume, ou enfin en ciment à l'huile et à litharge, ont été trouvés secs et dans un parfait état de conservation, tandis que les grains qui portaient sur les murs sans aucun revêtement ont été moisis ou pourris dans une épaisseur de 25 à 75 millimètres.

« Ces résultats ont été analogues dans les deux fosses, et on a trouvé un rapport identique entre les mêmes modes de construction ; de sorte qu'on a acquis une double certitude sur la bonté ou sur le vice des méthodes employées dans la double

expérience faite sur les deux fosses et qu'on croit pouvoir affirmer que le but qu'on s'était proposé dans cette expérience a été parfaitement atteint. »

M. le comte Dejean, directeur général des subsistances militaires, avait fait construire aussi en 1819, avec l'autorisation du ministre de la guerre, trois récipients en plomb de forme cylindrique de deux millimètres d'épaisseur et coulés dans des massifs en pierre. Ces récipients de huit mètres cubes avaient été placés dans des situations différentes, l'un à la cave, l'autre au rez-de-chaussée, et le troisième au premier étage, devant une croisée exposée au midi.

Ayant été remplis de grains de bonne qualité et bien sains, le 15 novembre 1819, ils furent ouverts le 20 novembre de l'année suivante, et on constata que le grain avait l'aspect de la plus parfaite conservation, seulement celui qui contenait du blé de qualité inférieure laissait une odeur laiteuse qui du reste disparut après l'exposition de quelques heures à l'air libre (1).

M. le général Demarçay, qui depuis longtemps avait reconnu les inconvénients des greniers ordinaires, a fait d'une ancienne glacière située dans sa propriété, une sorte de silo (2), en y établissant une caisse en bois, isolée seulement de ses parois de l'épaisseur des poutrelles verticales, sur lesquelles sont clouées les planches qui entrent dans sa construction. Le fond de la caisse est un peu plus distant de celui de la glacière; cette disposition a un double objet : d'isoler les parois de la caisse en bois de celle de la glacière, et de permettre à l'air un libre mouvement dans l'espace qui les sépare; la glacière est couverte d'un toit unique en chaume, auquel M. Demarçay attribue une grande puissance de dessiccation. Il conçoit que les vapeurs humides qui se dégagent du fond et des murs de la glacière, montent avec la plus grande facilité jusqu'à la couverture en paille, dans laquelle elles pénètrent d'autant plus aisément, que cette couverture est exposée aux courants d'air et à l'action du soleil. La caisse en bois étant remplie de blé à environ un mètre de son bord, on place au-dessus du blé deux ou trois couvertures ou diaphragmes en planches bien jointes, superposées à un tiers de mètre de distance pour s'opposer au mouvement de l'air intérieur, et par suite à l'échauffement de ce même air.

Une expérience de douze années a donné les résultats les plus satisfaisants. Le même blé est resté jusqu'à trois années consécutives dans le silo, sans offrir la moindre apparence d'altération; il avait toujours l'aspect et la couleur du blé de l'année; mais du blé retiré du silo en février et porté dans un grenier au premier étage, sous les tuiles, a acquis en deux mois assez d'humidité pour peser 2 kilog. de plus par hectolitre qu'au moment de la sortie du silo; il s'était gonflé et coulait avec plus de peine.

Nous citerons encore, parmi les personnes qui se sont occupées de la conservation des grains par les silos, M. le marquis de Sainte-Croix, M. Donald Cunie, de Londres, M. Godin, propriétaire et manufacturier au Petit-Bagneux, qui se sont fait breveter pour les modes de construction qu'ils ont proposés de 1828 à 1830 (3).

En définitive, quoique ce mode de conservation, par les silos, sanctionné par l'expérience, dans les pays méridionaux, ait été regardé comme efficace, par beaucoup de personnes, il n'est pas adapté chez nous, d'une part, parce qu'il est dispendieux, et d'un autre côté, parce que peu de contrées offrent la nature des terrains ou les matériaux propres à ces constructions. Il exige d'ailleurs des soins, des précautions

(1) Voir le XX[e] vol. du *Bulletin de la Société d'Encouragement* (août 1821).

(2) Comptes-rendus des séances de l'Institut (1[er] septembre 1838).

(3) Voir les tomes XXVI et XXX des *Brevets* pris sous l'ancienne loi et expirés ou déchus.

qu'on ne saurait toujours prendre ; si en Espagne, en Turquie, en Toscane, etc., on réussit à conserver ainsi les blés, cela tient à l'influence favorable du climat et à des circonstances particulières qu'on ne rencontre pas dans la plus grande partie de la France.

A Livourne, par exemple, où il se fait un si grand commerce de blé, on ne tente pas, comme on l'a toujours fait ici, de garder les grains enfermés pendant deux ou trois ans sans plus s'en occuper; mais on les extrait des silos tous les trois ou quatre mois pour les étendre et les retourner à l'air sur une plate-forme sèche. Les tresses ou bourrelets en paille qui garnissent toutes les parois internes sont mis dehors, séchés et réparés; on remplit alors les silos avec les mêmes précautions que la première fois, on les ferme à l'aide d'une dalle qui est ensuite recouverte de terre. C'est ainsi que l'on évite de propager dans la masse quelques altérations partielles et que le grain est entretenu dans un très-bon état de conservation.

A Florence, à Pise, où les silos restent plus longtemps remplis, on prend les mêmes précautions.

Nous ne devons pas omettre de rappeler l'influence favorable du climat sur ces utiles pratiques ; la même observation fera bien comprendre l'efficacité des procédés usuels que nous avons suivis dans plusieurs domaines de cette contrée : ils consistent à battre le grain aussitôt après la moisson, puis à verser immédiatement le grain nettoyé soit dans de grandes jarres en grès, soit dans des cuves en bois élevées au-dessus du sol et recouvertes avec des douves ou des toiles grossières ; souvent sur les jarres remplies de blé on se contente de mettre une couche comble de petites fèves dures que les charançons n'attaquent pas et qui préservent le reste. On conçoit d'ailleurs comment de tels soins doivent empêcher la propagation des insectes les plus pernicieux.

Sans doute ils seraient applicables chez nous, mais l'humidité habituelle de l'air atmosphérique les rendrait insuffisants.

CONSERVATION EN SACS.

Parmentier, et avec lui d'autres personnes qui ont beaucoup raisonné sur la conservation des blés, a déconseillé l'emploi des silos, et s'est arrêté à prescrire de renfermer les grains dans des sacs isolés entre eux, en assurant que ce moyen est préférable, qu'il garantit le blé des dangers de l'échauffement, qu'il empêche en partie la multiplication des charançons, et la naissance des teignes, les déprédations des souris et les ordures des chats.

Mais ce procédé est très-coûteux, exige beaucoup d'emplacement, et il rend l'aérage des blés par le mouvement beaucoup plus difficile, aussi est-on peu tenté de l'employer.

TRÉMIES SUPERPOSÉES.

M. D'Artigues, que nous avons cité plus haut, imagina, vers 1818, un appareil qui lui parut préférable aux précédents, et qui consistait en plusieurs coffres ou trémies en bois d'environ $1^{m}15$, placées les unes au-dessus des autres à un mètre, et présentant à la base une ouverture de 8 centimètres, fermée par une porte à coulisse.

Par ce système, l'échauffement du blé, dit l'auteur, est impossible, l'aérage est facile, et le grain peut être remué presque sans frais, car il suffit de placer sous la trémie inférieure élevée de 60 centimètres au-dessus du plancher, une caisse roulante dans laquelle on fait tomber tout le blé contenu dans ce premier coffre du bas;

alors le blé s'éparpille de lui-même en tombant, surtout si l'on met dessous une planche découpée en petits bâtons. Après avoir ainsi vidé le coffre inférieur, on referme la coulisse de sa trémie, et l'on ouvre celle du second coffre établi au-dessus; le blé coule de même et ainsi de suite des autres ; de sorte qu'en un instant un seul homme a remué une centaine d'hectolitres de blé (chaque coffre de 12 décimètres de côté, et 6 décimètres de largeur moyenne, pouvant contenir 8 à 9 hectolitres) sans autre peine que de reporter la quantité tirée du coffre d'en bas dans le coffre supérieur (1).

APPAREILS AÉRIFÈRES.

En 1828, M. Laurent père, mécanicien à Paris, prit un brevet de quinze ans, qui lui fut délivré le 13 janvier 1829, pour un système qu'il appela *silo aérifère* ou *anti-silo*, parce qu'il ne conserve le grain qu'en l'entourant d'air continuellement, tandis que les citernes ou les fosses ordinaires, qui ne sont, dit-il, que des étouffoirs, ne conservent le blé qu'en le privant d'air (2).

L'appareil se compose de plusieurs compartiments verticaux de 4 mètres de hauteur et autant de longueur sur 13 à 14 centimètres de largeur seulement, et séparés chacun par des espaces de 50 centimètres pour la circulation de l'air, les réparations accidentelles, et le jeu des balais; ils sont fermés sur les côtés par des toiles métalliques et munis à la base de portes à coulisses pour les vider au besoin; le grenier ou le magasin qui les renferme est garni à l'extérieur de fenêtres grillées pour l'éclairer et aérer tout l'intérieur.

L'inventeur observe que ce système aérifère a l'avantage de conserver le blé pendant longtemps sans frais de manutention, de le préserver de l'atteinte des souris et des oiseaux, de l'ordure des chats, et que la construction est d'une durée indéterminée. Il conseille de l'appliquer dans les magasins infestés de charançons, mais après l'entière extirpation de ces insectes (3). Il estime qu'il peut contenir sur une hauteur de 4 mètres et une égale superficie, 7/12 plus de blé que les greniers ordinaires, où l'on ne doit compter que des couches de 50 centimètres.

M. Laurent, qui porte jusqu'à 40 fr. et plus les frais de manipulation, de criblage et de pelletage, par hectolitre de blé, conservé dans les magasins de l'État, assure que par son procédé il y aurait une économie de plus des 3/5 sur ce chiffre.

Un brevet de quinze ans a été demandé récemment (le 22 novembre 1852) par M. Salaville, pour un système à compartiments avec circulation d'air, qui paraît avoir beaucoup d'analogie avec le précédent, seulement l'auteur ajoute un ventilateur qui

(1) Il paraîtrait que M. Philippe de Girard, à qui l'on doit, comme on sait, les principes essentiels des machines à filer le lin, en revenant en France, vers l'époque de l'Exposition nationale de 1844, aurait proposé des appareils analogues pour la conservation des grains, avec l'application de moyens mécaniques pour mettre le blé en mouvement. Nous aurions bien désiré voir un tel système exécuté; mais malheureusement la mort est venue saisir l'inventeur dans plusieurs de ses nouvelles créations.

(2) Ce système est publié dans le tome LII des *Brevets expirés* (pl. 14, page 203).

(3) Le charançon ou calandre, dit M. Laurent, est un grand destructeur de grains. En sortant de l'œuf, le ver s'introduit dans le froment et dans les légumes secs; il y agrandit son logement, en mangeant toute la farine, puis il se change en chrysalide. Le charançon, pour sortir de sa prison, se fait une issue avec sa trompe en pointe, et ensuite perce d'autres grains pour se nourrir. Il résulte du rapport de M. Séguier, à l'Académie des sciences, qu'en calculant sur la moyenne des journées où le thermomètre ne descend pas au-dessous de douze degrés, douze paires de charançons peuvent procréer 75,000 individus de leur espèce.

active nécessairement les courants d'air dans chacun des espaces libres, ménagés entre les diverses couches de grains.

PROCÉDÉS DE LAVAGE ET DE DESSICCATION.

Un habile agronome, M. Duhamel, grand observateur, à qui on doit des conceptions et des expériences fondamentales sur la question, a proposé, il y a longtemps déjà, une dessiccation aussi complète que possible, à l'aide de courants d'air graduellement chauffés jusqu'à 90 degrés, comme moyen économique d'arrêter les dégâts du charançon et de l'alucite, et de mettre les grains à l'abri des attaques ultérieures de leur lignée, pourvu que l'on enfermât alors les blés dans de grandes caisses en bois bien closes, et maintenues au-dessus du sol. Il avait observé les altérations qui se reproduisent entre les intervalles des pelletages, dans les blés humides, comme dans ceux que les charançons ont attaqués.

On sait que MM. Wattebled et de Maupeou, comprenant le principe de M. Duhamel, ont imaginé des appareils de dessiccation, étuves et séchoirs, afin de ramener à un état de siccité convenable les grains altérés par les insectes ou la fermentation ou *boutés* par la carie.

Le brevet pris par M. Wattebled date du 26 juin 1829, il comprend une machine particulière que l'auteur a nommée *octogone*, et qui se distingue par la disposition de quatre grands montants verticaux et de quatre plus petits réunis par un cercle de fonte auquel sont reliées des branches en fer qui supportent en dessous un foyer à feu nu et une ventouse, avec une trentaine de tuyaux de chaleur. Une série de châssis garnis de toile métallique reçoivent le grain que l'on veut chauffer. Deux additions, aux dates des 18 janvier et 13 juin 1835, indiquent des modifications apportées au système, et en particulier celles qui montrent la substitution de la vapeur au feu nu pour effectuer la dessiccation, et l'emploi de roues à palettes pour introduire l'air, froid ou chaud, dans l'intérieur de l'appareil (1).

Un tel système, exécuté d'ailleurs sur des dimensions assez restreintes, ne nous a pas paru devoir être d'une application commerciale avantageuse.

L'invention de M. de Maupeou, breveté du 4 décembre 1834, a pour titre : « Procédés d'épuration et de dessiccation ou de concentration généralement applicable à toute substance solide ou liquide, et particulièrement aux grains. » Elle consiste en plusieurs opérations successives, savoir : le triage, le lavage, le lessivage, le séchage et le ressuage. Ces diverses opérations sont toutes faites mécaniquement.

Dans la première le blé est immergé dans un bain d'eau naturelle que contient un vase approprié, et par une combinaison qui réalise les effets du principe des différences de poids spécifiques, il s'effectue un premier départ de tout grain attaqué de carie, piqué ou habité par un insecte.

Le blé ainsi trié est immédiatement livré, en son état d'immersion et dans le même vase, à un mouvement violent de pulsion et de répulsion multiples, au moyen d'un système de lames fixes. Par ce mouvement répété avec plusieurs lotions d'eau successives et coupé par des intervalles de repos qui complètent le triage, le grain se trouve lavé, frotté et purgé.

Dans certains cas, le blé subit après le lavage, entre deux lotions à eau pure, un lessivage intermédiaire à préparation d'alcali caustique. L'application de cet agent

(1) Publié dans le tome LIII, page 225, pl. 20, des *Brevets expirés*.

chimique, dit l'auteur, a pour objet, sans porter atteinte au germe ou à la substance farineuse, de donner, à l'extérieur comme à l'intérieur, la mort à toute semence végétale parasite, à tout corps animal à l'état d'œuf, de larve, de ver ou d'insecte, et enfin d'expulser toute odeur et saveur étrangère.

Vient ensuite la quatrième opération, celle du séchage, qui consiste à faire passer le blé dans une série de cylindres en toile métallique, disposés suivant des pentes graduées et roulant sur eux-mêmes au milieu d'un conduit aspirateur, à dimensions proportionnelles formant *chambre calorifère*, qu'un courant d'air libre, traversant un foyer de combustible brûlant à feu nu, parcourt rapidement dans une ascension continue.

En sortant de cet appareil, le blé traverse un système analogue de cylindres, fonctionnant à l'air atmosphérique ou par un refroidissement graduel; il acquiert le complément d'une siccité parfaite et vient enfin se reposer à l'état naturel et normal.

Une addition prise, le 15 mars 1835, au nom de M. Fourcault, cessionnaire de M. de Maupeou, tout en conservant les systèmes graduels de lavage, contient une modification dans la construction du séchoir à cylindre, afin de proportionner selon les besoins la puissance de l'appareil à l'importance de l'établissement ou des quantités de grains sur lesquelles on est susceptible d'opérer.

Le même inventeur a également pris un nouveau brevet de quinze ans le 13 novembre 1846, pour des perfectionnements apportés à son système.

Mais ce procédé (1), qui pendant quelques années a fait beaucoup de bruit dans le commerce de la meunerie, n'a cependant pas été répandu, comme on l'espérait; à l'exception de quelques grands établissements, comme les magasins de La Villette, à Paris, on ne l'a pas appliqué, d'une part, parce qu'il devenait très-dispendieux d'achat et d'entretien, et d'un autre côté, parce qu'il était réellement trop compliqué et que d'ailleurs il faisait craindre pour les moulins plus de risques d'incendie.

Vers la même époque, le 30 septembre 1835, M. Thomas, de Paris, se fit breveter pour un appareil qu'il nomme *cône dessiccateur*, destiné à dessécher les céréales et autres graines, en opérant soit à leur état naturel, soit après un lavage préalable. Cet appareil, propre par sa forme et ses dimensions à être placé sur un chariot, à l'usage des cultivateurs, se composait de deux cônes rotatifs placés l'un dans l'autre, et construits avec des tringles de fer et de la toile métallique, renfermant des morceaux de tôle découpés, dont les pointes étaient relevées. Un fourneau muni de tuyaux traversant leur intérieur servait à les chauffer. Le grain, versé dans une trémie placée en tête, se répandait lentement entre ces cônes pendant leur rotation et en sortait par l'extrémité opposée, après avoir été chauffé sans danger au degré convenable (2).

Nous aurions encore à mentionner dans ce genre de procédés les brevets délivrés en France depuis quelques années ; tels sont :

1° L'appareil dit à laver, sécher et essuyer les blés et autres céréales, breveté le 5 mars 1847, au nom de M. Jovela ;

2° Le magasin à planches inclinées, destiné à garantir les grains de toute espèce contre l'influence de l'atmosphère, à les emmagasiner, les sécher et purifier, par Von Wiebeking, breveté le 27 septembre 1847 ;

(1) Le brevet primitif et son addition sont entièrement décrits dans le volume LXXII des *Brevets expirés*, page 216, pl. 19.

(2) Tome LXXIV, page 126, pl. 2 bis, des *Brevets expirés* en 1850 et 1851.

3° Le procédé de MM. Gazagnaire et Trône ayant pour objet la désinfection et l'assainissement des blés avariés par le lavage à l'hydrochlorate de soude (1), un second lavage à l'eau pure et le séchage à l'air;

4° Le système de M. Olin-Chatelet, du 23 août 1848, comprenant des rectifications apportées à la vis d'Archimède et aux cylindres à hélices destinés à mélanger, sécher, laver, étuver et conduire les farines, grains et autres substances, au moyen de l'eau, de l'air et de la chaleur;

5° L'appareil de MM. Asselin et Higonnet, brevetés le 13 décembre 1850, pour le séchage méthodique et la conservation des grains, application directe comme touraille dans les brasseries;

6° La machine de M. Baron fils (brevet principal de quinze ans du 21 janvier 1851 et addition du 29 mai 1852) pour laver, nettoyer et sécher, d'une manière continue, les céréales et toute espèce de graines ou d'autres substances;

7° Enfin les perfectionnements apportés par MM. Millon et Mouren, le 23 février 1853, dans le traitement des blés et plus particulièrement en ce qui concerne leur lavage, leur séchage, leur mouture, leur assainissement et leur conservation.

Mais nous reviendrons sur les dispositions particulières de ces appareils en décrivant plus amplement les procédés de lavage et de séchage des blés.

GRENIERS MOBILES.

Un appareil, qui a fait sensation pendant quelques années, dans le monde savant comme dans le monde industriel, c'est le *grenier mobile*, breveté le 28 décembre 1835, par M. Vallery, manufacturier de Saint-Paul-sur-Risle (Eure), et qui a été le sujet de rapports favorables de l'Académie des sciences, et de la Société d'encouragement. Quoiqu'il n'ait pas été adopté par le commerce, nous croyons devoir en rappeler la disposition particulière, qui n'est pas sans intérêt, puisqu'elle démontre combien la *mobilité* a été jugée utile pour la conservation des grains.

Voici la description qui en a été faite à l'Institut en 1838 :

Cet appareil se compose d'un grand cylindre de bois construit à claire-voie tournant horizontalement sur son axe. L'enveloppe extérieure de ce cylindre est formée de douves de bois fortement réunies par des cercles à vis de rappel. De nombreuses ouvertures, pratiquées symétriquement dans toutes les douves, sont garnies de toile métallique; elles donnent entrée à l'air et fournissent aux insectes des issues pour fuir. Les supports de tout le système sont convenablement isolés pour opposer, à la rentrée des insectes nuisibles, un obstacle insurmontable. Aux mêmes supports est fixé un toit léger garni, à son pourtour, d'une gouttière remplie d'eau recouverte d'huile, ou mieux encore d'huile pure; ce toit a pour but de prévenir l'introduction des insectes que leur instinct conduirait à se laisser tomber du plafond sur l'appareil en repos.

Le grain qu'on confie à cet appareil ne doit pas le remplir en entier, pour jouir pendant la rotation d'un mouvement propre sur lui-même; un ventilateur à force centrifuge est placé à une de ses extrémités; ce ventilateur, en aspirant l'air contenu avec le grain dans le cylindre, force l'air extérieur à traverser le grain pour venir opérer le remplacement et s'opposer à une dépression intérieure; l'action du

(1) Les auteurs composent pour ce lavage un bain de 100 litres d'eau, par exemple, avec 18 kil. d'hydrochlorate de soude.

ventilateur est combinée avec la rotation du cylindre; le mouvement successif de tout le grain contenu dans le cylindre facilite un complet aérage.

Pour réduire considérablement la force nécessaire à cette espèce de pelletage mécanique, M. Vallery a disposé son grain dans une série de compartiments groupés autour d'un tube creux qui demeure vide et forme le centre de tout le système. Ce tube central sert à l'écoulement de l'air aspiré par la ventilation. Par cette disposition, les cases se faisant équilibre les unes aux autres, il n'a plus à vaincre que des déplacements partiels du centre de gravité; il réduit ainsi l'effort nécessaire au mouvement de rotation dans un rapport de 13 à 17. Cette disposition présente, en outre, l'avantage de multiplier les surfaces du grain pour l'offrir à la ventilation.

Des expériences faites en grand, par ordre du ministre du commerce, sur 120 hectolitres de grain, placés dans l'appareil, ont constaté que, après quarante-huit heures de mouvement, il n'est plus resté que 20 charançons dans les 15 hectolitres contenus dans l'une des huit cases composant le cylindre et infestés de 37,950 charançons, tous les insectes avaient fui en grand nombre pendant le mouvement donné au grain, et se sont retrouvés sur les murs du hangar.

Quant aux grains humides, il a été reconnu que l'appareil de M. Vallery était propre à les ventiler et dessécher complétement.

On peut donc conclure de ces expériences que le grenier mobile isolé et ventilé de M. Vallery débarrasse le blé du charançon contenu au moment de l'emmagasinage, met le grain complétement à l'abri des ravages ultérieurs, en opposant une barrière infranchissable aux nouveaux insectes qui chercheraient à s'y introduire; que cet appareil prévient la fermentation par suite de l'aérage auquel il soumet le grain ; qu'il rend possible l'humidification d'un blé trop sec, par la facilité qu'offre l'aspiration du ventilateur, de faire traverser la masse par de l'air chargé de vapeur. Cet appareil permet aussi d'emmagasiner le blé dans un espace très-réduit.

En 1839, M. Payen, rapporteur de la commission spéciale chargée par la Société d'encouragement d'examiner l'appareil de M. Vallery, déclare : (1)

Que cet appareil présente, surtout dans les grandes villes, où se concentre le magasinage des grains, une économie notable sur les frais de première construction, avec toutes les garanties nécessaires de solidité ;

Qu'il procure la presque suppression des frais de manutention si considérables dans les greniers ordinaires ;

Qu'il assure la conservation du grain en le préservant de la fermentation, en expulsant les charançons et en empêchant leur entrée ;

Qu'il met aussi le grain à l'abri des ravages des souris, des rats et autres animaux ;

Qu'il est parfaitement applicable à la conservation des *graines oléagineuses*, des *légumineuses* et en général de tout ce qui s'emmagasine habituellement dans les greniers ;

Enfin, que l'appareil qui réunit ces avantages n'a point l'inconvénient de soustraire le grain à la vue du propriétaire ; et qu'il ne sera pas probablement combattu par la routine, puisqu'il s'appuie sur un usage immémorial, le remuage du grain à l'air libre.

Le premier appareil soumis à l'Académie ne contenait que 165 hectolitres de blé, et ne fut pas regardé comme d'une capacité suffisante pour résoudre la question commerciale et économique.

(1) Voyez le Bulletin d'avril 1839, page 120.

Celui qui fut plus tard examiné par la Société d'encouragement pouvait contenir 1100 hectolitres, soit en pratique 1000 hectolitres. Les expériences faites devant la commission ont constaté 1150 hectolitres, pesant ensemble 85,000 kilogrammes, le poids de l'appareil seul était de 20,000 kilogrammes. C'était donc un immense cylindre de 9 mètres de longueur sur 4m 66 de diamètre, recevant un mouvement de rotation très-lent et en même temps très-régulier.

Son prix de revient était estimé à 6,600 fr. ou 6 fr. 60 par hectolitre emmagasiné. Et pour des appareils plus petits, l'auteur l'élevait à 7 ou 7 fr. 50 par hectolitre.

Ce système a eu plusieurs imitateurs qui ont cru toutefois devoir chercher à en modifier les dispositions. Tel est le grenier dit Grand Conservateur, breveté le 2 avril 1846, au nom d'un prêtre polonais, M. Kalinowski, et qui se compose de plusieurs séries de cylindres en toiles superposés, animés chacun d'un mouvement rotatif, et pouvant contenir 20 hectolitres de blé.

De même, la machine de M. Gaillard fils, du 2 novembre 1848, et formée également d'un cylindre ou prisme rotatif, que l'auteur appelle *conservateur aérifère mobile*.

Tel est enfin le brevet demandé le 29 septembre 1849, par M. Proux, cultivateur à Levet (Cher), pour un appareil qu'il nomme *Grenier à air et mobile*, destiné à la conservation des grains et à la destruction du papillon et du charançon, lequel consiste en des caisses portatives à jour ou de grandes trémies à compartiments, chauffées à 35 ou 40 degrés.

Nous ne pensons pas nécessaire de mentionner encore d'autres appareils qui, soit par leur mauvaise construction, soit par leur disposition même, ne sont nullement applicables dans l'industrie.

Nous terminerons cet aperçu historique sur la conservation des blés, en disant que l'Académie des sciences, convaincue également de l'importance de la question, vient tout récemment d'accorder des récompenses à quelques personnes qui se sont occupées depuis plusieurs années de la destruction des alucites et des charançons.

Ainsi, M. le docteur Herpin, qui déjà en 1850 avait reçu de la Société centrale d'agriculture une médaille d'or pour ses travaux relatifs à ce sujet, emploie une sorte de tarare qu'il appelle *brise-insecte* et qui marche à une très-grande vitesse (1) (1200 à 1500 mètres par minute).

De même, M. Doyère, inspecteur de l'ancien Institut agronomique de Versailles, et qui a publié une brochure sur la matière, a proposé trois moyens qu'il regarde comme très-efficaces :

1° Le chauffage des blés porté à une température de 55 à 65 degrés centigrades; ce chauffage a été exécuté par l'auteur même, dans un cylindre mobile garni à l'intérieur d'hélices en toile métallique, comme une vis d'Archimède en usage dans les épuisements;

2° La destruction des insectes par le choc produit au moyen d'une machine qu'il appelle *tue-teigne*, du prix de 500 à 600 francs, qui n'est autre qu'une machine à battre avec contre-batteur, et dont le tambour a une vitesse de moins de 1000 mètres par minute;

3° Enfin, l'ensilage remplissant, dit l'auteur, certaines conditions, et après avoir fait subir aux grains une dessiccation convenable.

(1) Nous avons donné la description et le dessin de ces appareils dans le *Génie industriel*, avec des observations pratiques intéressantes de M. Herpin.

D'après ce qui précède, on peut juger de l'importance extrême de cette question des réserves, des magasins de prévoyance et de l'amélioration des blés ; c'est surtout à des époques de disette qu'elle devient plus grave et d'un plus grand intérêt. On le comprendra beaucoup mieux maintenant que le problème a été résolu dans toute sa complexité par l'appareil que nous allons décrire.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DE M. HUART, REPRÉSENTÉ SUR LE DESSIN PLANCHE 23.

La fig. 1re du dessin représente une coupe verticale et transversale faite vers le milieu d'un magasin de réserve, que l'on suppose de 9 à 10 mètres de largeur.

La figure 2e en est une section longitudinale, mais avec l'indication de deux rangs de réservoirs dont l'un est supposé vu extérieurement et l'autre en coupe. On comprend qu'il pourrait en contenir un plus ou moins grand nombre selon la longueur totale de l'emplacement disponible, et séparée vers le milieu par un espace libre de 5 à 10 mètres pour le service de l'entrée et de la sortie des marchandises.

La figure 3e est une section horizontale faite vers le milieu de la hauteur suivant la ligne 1-2.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/80.

La figure 4e montre sur une échelle plus grande, la coupe verticale de la partie inférieure de l'une des trémies, afin de bien faire comprendre la disposition des cloisons ou séparations obliques qui y sont appliquées pour donner un égal écoulement au blé sur toute la section horizontale, correspondante à la longueur de l'orifice ouvert à la base.

La fig. 5 est un plan correspondant à la fig. 4.

Nous ferons d'abord remarquer que tout le système se compose des parties principales suivantes :

1° D'une série de capacités ou de réservoirs à blé pouvant contenir des quantités variables de 100 à 1000 hectolitres.

2° De vis sans fin, garnies de palettes, et d'élévateurs qui servent à conduire et élever le grain.

3° De cribles et ventilateurs pour séparer du blé les insectes (charançons, vers et alucites), poussière, paille et grenaille, avant de laisser retomber le blé dans les trémies.

4° D'un tire-sacs pour le service des magasins.

5° D'un petit moteur à vapeur pour faire mouvoir les divers appareils.

Nous allons décrire chacun de ces appareils séparément.

DES TRÉMIES OU RÉSERVOIRS A BLÉ.

Le magasin ou grenier de réserve proprement dit, se compose, comme le montre le dessin, d'une série de réservoirs ou capacités verticales A qui

peuvent être regardées comme indépendantes les unes des autres (parce qu'elles se remplissent et se vident chacune séparément). Leur hauteur est en moyenne de 10 mètres et leur section horizontale est un rectangle de 4 mètres de large sur des longueurs variables de 3 à 10 mètres.

Chaque réservoir est formé aux angles de quatre madriers verticaux BB', et sur les côtés de montants parallèles et moins forts CC'. Ces derniers sont reliés entre eux par des tirants en fer *a*, qui maintiennent rigoureusement l'écartement des parois sur toute la hauteur; et qui pour cela sont plus rapprochés vers la partie inférieure qu'à la partie supérieure où la charge est moindre.

Tout le système repose sur une plate-forme horizontale en charpente A' qui est solidement assise sur un massif en maçonnerie D pouvant supporter toute la charge, quelle que soit la hauteur; ce massif est exécuté de telle sorte à isoler complétement les réservoirs des murs extérieurs qui, au besoin, pourraient ne pas exister.

Les montants BB' des angles sont à feuillures, afin de recevoir les planches en bois *b* qui forment les parois de chacun des réservoirs, lesquels quoique indépendants sont néanmoins reliés entre eux, comme le montre bien le plan, figure 3ᵉ, par les mêmes boulons d'écartement, afin de présenter un ensemble complet et solidaire.

La partie inférieure ou la base de chaque réservoir est terminée par quatre faces inclinées à 45 degrés, de manière à former des prismes renversés qui, à bien dire, sont leurs trémies mêmes. Chacune de celles-ci se compose de feuillets ou planches en bois *b'*, portés par les jambes de force *a'* lesquelles se relient, d'une part, à la plate-forme A et reposent, de l'autre, sur une seconde plate-forme A^2 analogue, mais plus petite, assise de même sur la partie avancée du massif en maçonnerie.

La construction intérieure de ces trémies, ou bases des réservoirs, est toute particulière et constitue à elle seule, nous ne craignons pas de le dire, une véritable invention sur laquelle nous devons d'autant plus attirer l'attention de nos lecteurs, qu'elle résout un problème très-difficile qui n'avait pas été jusqu'alors suffisamment étudié.

Tout le monde sait, que lorsqu'on ouvre un orifice, à la base d'une capacité quelconque remplie de grains, l'écoulement a lieu d'une manière très-irrégulière, ainsi la vitesse est beaucoup plus considérable dans la ligne verticale correspondante au centre de l'ouverture, et diminue notablement de plus en plus vers les côtés latéraux, à tel point que le mouvement est presque nul près des parois verticales du réservoir, tandis que la partie centrale descend avec une rapidité extrême.

Il n'en est pas de même avec la disposition adoptée par M. Huart (fig. 4ᵉ) et qui consiste à séparer les trémies par des séries de cloisons parallèles *c*, qui sont elles-mêmes inclinées à 45 degrés comme les deux faces extérieures *mo* et *on*, pour ramener la surface de la ligne *ab* à celle de l'orifice de sortie *o*.

Voici comment l'auteur a effectué l'opération pour déterminer la place de ces diverses cloisons.

Après avoir divisé la ligne horizontale *mn* en un certain nombre de parties égales (en 7, par exemple), du centre de cette ligne il abaisse des perpendiculaires *pq* et *pr* sur les côtés *mo* et *on*, et des points 1, 2, 3, etc., il trace des parallèles aux côtés *mo* et *on* jusqu'à la rencontre des perpendiculaires *pq* et *pr*. Les planchettes *c* qui y sont placées représentent la première série des cloisons obliques destinées à séparer les colonnes descendantes. Puis des points de rencontre 1′, 2′, 3′, etc., on abaisse de même des verticales qui viennent rencontrer la ligne horizontale *qr*, égale en longueur à la moitié de celle *mn*. Du milieu *s* de cette ligne *qr*, on tire de nouveau des perpendiculaires *st* et *sn* sur les côtés *mo* et *on*.

Des points de jonction 1^2, 2^2, 3^2, etc., on trace de nouvelles parallèles aux côtés *mo* et *on* jusqu'à la rencontre des lignes *st* et *su*. Les planchettes qui y sont placées représentent la deuxième série des cloisons obliques destinées à séparer les colonnes descendantes.

La ligne que l'on tirerait par les points *tu* représente le quart de celle *mn*.

Nous ferons remarquer que les passages laissés entre les parallèles de la seconde série de cloisons obliques sont moitié moindres que ceux de la première série.

« Cette disposition pourrait se continuer indéfiniment, dit M. Huart, si la pratique ne nous avait démontré que nous devions respecter certaines proportions dans les passages réservés à l'écoulement du grain.

« Nous avons alors divisé la ligne *tu* en quatre parties égales. »

Des trois points *x* on a construit des carrés dont les côtés forment quatre passages égaux *z* qui se confondent dans les deux passages *y*, formés par les côtés inférieurs du grand carré qui alimentent l'orifice de sortie *o*.

C'est au moyen de ces combinaisons que l'orifice d'écoulement *o* a été mis en rapport proportionnel et successif avec les différentes surfaces *tu*, *qr*, *mn*, de manière à ce que les sept intervalles de la ligne *mn* concourent également à l'écoulement du grain. De cette façon le blé contenu dans les capacités descend horizontalement sur toute la surface.

Nous avons été heureux de vérifier ce fait par nous-même en visitant les magasins de M. Huart. Comme il a eu la bonne idée de placer au-dessus de la ligne *mn* des glaces au lieu de planches, sur une hauteur de 25 centimètres environ, et sur toute la largeur de la trémie, il était facile de voir comment s'effectuait l'opération lorsque l'orifice inférieur *o* était ouvert. Chaque couche de grain, dans toute la section horizontale, descendait régulièrement comme si l'écoulement avait lieu par une ouverture aussi grande que la section du réservoir. L'orifice *o* ménagé entre les jambes de force *a*, est terminé par des trappes ou registres en bois *d*, afin d'interrompre à volonté la sortie du grain. Dès qu'un registre est ouvert, le grain s'écoule sur le conduit mobile E que l'on peut aisément faire promener devant chaque intervalle, pour alimenter la vis à palettes.

Il en résulte que le grain s'écoule par tranches verticales ayant pour épaisseur l'espace compris entre deux jambes de force a', en même temps que par couches horizontales ayant pour largeur la surface correspondante à une tranche, sur toute la largeur du réservoir.

Le dessin fait voir que cette disposition s'applique à la moitié d'un réservoir.

Le blé s'écoule sur ces conduits par les cases ouvertes, tombe dans les auges demi-circulaires en tôle F, qui ont chacune pour longueur la largeur même des réservoirs (fig. 2e) et qui sont assujetties par leurs extrémités sur des châssis en bois G, lesquels sont disposés pour servir en même temps de support aux élévateurs ou chaînes à godets dont nous allons parler.

DES VIS SANS FIN ET DES ÉLÉVATEURS.

Chaque auge forme enveloppe aux vis sans fin H, qui ont pour objet de conduire le blé d'un bout à l'autre, en l'agitant continuellement afin de le verser dans la boîte I de l'élévateur correspondant. Ces vis se composent d'un arbre en bois rond, monté sur des tourillons en fer, et garni d'une hélice en tôle ou en fer-blanc *f* de 18 à 20 centimètres de pas.

M. Huart, pour forcer le blé, tout en avançant, à se relever au-dessus de l'axe, a eu l'heureuse idée d'ajouter de petites palettes minces *g*, vers le sommet ou l'extérieur de l'hélice; ces palettes, prenant à chaque révolution une certaine quantité de grains, les soulèvent et les reprojettent dans l'auge, de sorte qu'ils sont ainsi constamment secoués pendant tout le trajet qu'ils doivent faire jusqu'à l'élévateur.

Cette disposition aussi simple qu'ingénieuse a le mérite de dégager une partie de la poussière que le blé peut contenir, et en même temps d'enlever aussi une portion de son humidité ; elle remplace avantageusement le pelletage ordinaire.

Comme l'espace ménagé de chaque côté des vis, entre les massifs de maçonnerie qui supportent les réservoirs, espace d'ailleurs nécessaire pour qu'un homme puisse y passer, forme avec les intervalles J également laissés entre les réservoirs, des espèces de cheminées d'appel, les courants d'air chassent naturellement la poussière et l'humidité au dehors. Les parties non volatiles qui tombent dans le bas sont facilement enlevées par l'ouvrier chargé de conduire tout l'appareil, et particulièrement de changer la place des augets ou conduits mobiles E; toutes les fois qu'il est jugé utile de le faire. Au besoin, du reste, on pourrait effectuer cette opération mécaniquement, à l'aide d'un encliquetage mû par le moteur même de l'usine.

La même vis et par suite le même élévateur peut desservir, comme on le voit sur le dessin (fig. 2), toutes les cases de chaque côté, qui sont, comme nous l'avons dit, ouvertes successivement, à des moments donnés. Il est naturel de penser que si on adoptait un mécanisme pour varier la

position des conduits mobiles, on s'arrangerait pour qu'il opérât en même temps l'ouverture ou la fermeture alternative des registres ou des trappes.

Les élévateurs ou chaînes à godets montent jusqu'au dessus du plancher supérieur du magasin, en passant à l'extérieur des réservoirs et dans l'étroit espace laissé entre eux. Leur construction ne présente rien de particulier. Ils se composent d'une courroie sans fin en cuir ou en gutta-percha passant sur deux poulies parallèles et munie de godets en bois ou en tôle.

DES CRIBLES ET VENTILATEURS.

Ces chaînes à godets élèvent ainsi le blé qui leur a été amené par les vis sans fin au sommet des cribles inclinés K lesquels sont en toile métallique, à mailles suffisamment serrées pour ne pas donner passage au bon grain, et assez fines, cependant, pour que les charançons et les mauvaises graines, d'un volume plus petit, puissent les traverser et tomber au-dessous dans une espèce de caisse en bois L, d'où on les enlève quand celle-ci est pleine.

Le blé glisse sur toute la longueur du crible et se répand sur des plans inclinés *h* qui le conduisent et le déversent, si on le juge nécessaire, dans les mêmes réservoirs, afin de le travailler à nouveau, pendant tout le temps qu'il doit rester en magasin. Dans ce passage tout le grain reçoit l'action d'un courant d'air forcé par un ventilateur M qui est placé à l'extrémité opposée, et qui, prenant cet air au dehors, le chasse dans le conduit horizontal inférieur *j*, pour souffler vers l'embouchure de l'espèce de canal oblique *k* formé par les plans inclinés.

On peut toujours régler, avec toute la précision désirable le travail du crible en variant son inclinaison. A cet effet il est assemblé à charnière, par le haut, au bâti en bois ou en fonte N qui supporte l'appareil, et il repose par le bas sur deux chevilles que l'on engage dans l'un ou l'autre des trous *i*, pratiqués sur les joues de la caisse qui ferme le canal oblique *k*.

DU TIRE-SACS.

Pour le service du grenier de réserve, il est utile d'avoir un monte-sacs qui se place habituellement dans le comble sur le dernier plancher, comme dans les moulins, et qui sert, soit à monter les sacs de blé venant du dehors, pour être emmagasinés et travaillés par l'appareil, soit à décharger au contraire tout le grain que l'on doit porter à la mouture après qu'il a suffisamment séjourné dans les réservoirs. Des cordes et des poulies de renvoi permettent d'établir la communication à l'extérieur comme à l'intérieur du magasin, où on a le soin de ménager des trappes qui s'ouvrent librement au passage des sacs.

DU MOTEUR ET DU MOUVEMENT GÉNÉRAL.

M. Huart a appliqué dans son magasin de Cambrai qui est éloigné de son moulin, une petite machine à vapeur de la force de deux chevaux en-

viron, pour servir à faire mouvoir soit le tire-sac, soit les élévateurs, les vis sans fin et les ventilateurs de cribles.

La machine peut être horizontale, disposée sur deux pièces de charpente, et marcher à une vitesse de 100 à 120 tours par minute. Sa chaudière est montée sur un fourneau à part, en dehors du bâtiment, afin de ne pas donner de crainte pour l'incendie.

Une simple poulie placée sur son arbre de couche, transmet son mouvement soit à un arbre intermédiaire, assez prolongé pour commander les divers appareils, soit directement à l'arbre du tire-sacs; et de celui-ci d'autres poulies communiquent également par courroies avec celles montées au sommet des élévateurs, d'une part, lesquels entraînent naturellement les vis sans fin dans leur rotation, soit les axes des ventilateurs de chaque crible.

Les diamètres de ces différentes poulies sont d'ailleurs combinés pour donner à chaque instrument la vitesse de rotation convenable. Ces détails sont évidemment trop simples et trop ordinaires pour que nous ayons à nous y arrêter, tout le monde les comprend sans peine. Disons seulement que lorsque les magasins sont adjacents à des moulins ou à une usine quelconque employant une force motrice, il est inutile d'appliquer un moteur spécial, en prenant sur cette force une portion nécessaire pour faire mouvoir les appareils.

SERVICE DES GRENIERS HUART.

Il est facile de voir d'après la description qui précède, comment le service de tels magasins doit se faire.

Déjà à l'aide du tire-sacs, on décharge les voitures chargées de grains qui viennent jusqu'au pied du bâtiment. Il suffit, pour cela, d'un homme placé sur le plancher supérieur qui doit recevoir le blé afin de décrocher les sacs, tandis qu'un autre les amène avec des brouettes dans l'intérieur; pendant ce temps le voiturier, qui est monté sur sa voiture, accroche successivement chacun des sacs à la corde qui les enlève. Ce travail, qui n'a lieu que lorsqu'on apporte des nouveaux blés ou lorsqu'on sort les anciens, est exactement le même que celui qui s'opère journellement, soit dans les moulins, soit dans les magasins de réserve ordinaires.

Les deux hommes employés au déchargement comme au chargement sont ceux mêmes qui servent tout naturellement pour l'entretien ou l'alimentation des appareils.

Ainsi l'un d'eux reste le plus souvent dans le bas pour ouvrir ou fermer les trémies, changer, comme nous l'avons dit, la place des augets ou conduits mobiles, enlever les poussières et les ordures, et voir enfin si les vis sans fin et les élévateurs fonctionnent bien. Il peut aussi s'occuper d'alimenter le fourneau du générateur, lorsqu'on fait usage d'une machine à vapeur spéciale. On comprend que par cela même que les réservoirs ne fonc-

tionnent pas en même temps, mais bien alternativement, cet ouvrier a tout le temps nécessaire pour effectuer ce travail avec toute la régularité désirable, lors même que les réservoirs seraient multipliés et contiendraient une grande quantité de grain.

Le second ouvrier reste plus particulièrement dans le haut des magasins pour surveiller le moteur, les cribles et leurs ventilateurs, pour arrêter ou mettre en marche tel ou tel élévateur, pour enlever les charançons, les pailles, les mottes de terre, qui au criblage se sont séparés du blé. On conçoit encore qu'il n'est pas surchargé dans une telle besogne, qui ne se répète qu'à des intervalles plus ou moins éloignés.

On peut donc dire que le service est extrêmement simple et facile, qu'il s'effectue avec la plus grande ponctualité, et que le blé, quelles que soient d'ailleurs sa qualité et sa quantité, sort de ces greniers après avoir été manipulé, notablement amélioré. S'il était humide, il devient parfaitement sec; s'il était chargé de poussière et de charançons, il en est complétement débarrassé. Il acquiert une amélioration telle qu'il est tout à fait propre à la mouture.

Deux hommes suffisent pour la surveillance de 10,000 hectolitres.

AVANTAGES DU SYSTÈME HUART SUR LES AUTRES PROCÉDÉS.

La conservation et l'amélioration des grains étant, par ces nouveaux greniers, un problème parfaitement résolu, il reste à examiner s'ils sont réellement pratiques, manufacturiers, si leurs prix de revient ne seraient pas trop élevés, et si enfin on peut, sans crainte, engager les entrepositeurs et l'État à former des réserves sur un tel procédé.

Nous remarquerons d'abord que, comme on s'en est convaincu par le dessin et par la description, les réservoirs sont d'une construction extrêmement simple et économique, les appareils accessoires comme vis, élévateurs, cribles, que l'on sait faire partout aujourd'hui, sont aussi d'une grande simplicité d'exécution; aussi M. Huart, qui s'est bien rendu compte de tous les frais, pour des magasins de différentes dimensions, est convaincu que l'on pourrait aisément les établir à raison de :

4 à 5 francs par hectolitre de capacité pour la plupart des localités;

Et de 6 francs au plus pour les villes où le bois et la main-d'œuvre sont d'un prix plus élevé.

Ainsi un grenier Huart capable de contenir 10,000 hectolitres de blé ne reviendrait qu'à 40,000 francs, et au plus à 50,000.

Or, si l'on compare ces chiffres avec les prix des divers systèmes qui ont été proposés, on se convaincra sans peine combien ils sont avantageux pour celui de M. Huart.

Suivant les documents que nous avons rassemblés sur ce sujet, nous trouvons que les deux silos construits vers 1819, à l'hôpital Saint-Louis, et d'une contenance de 260 hectolitres, ont coûté 4,712 fr.;

Soit 18 fr. 12 c. par hectolitre.

Ceux de M. Ternaux, à Saint-Ouen, contenant seulement chacun 192 hectolitres, ne sont revenus qu'à 1,227 fr.;

Soit 6 fr. 39 c. par hectolitre.

Mais il faut dire qu'ils étaient d'une construction extrêmement économique que l'on ne pourrait probablement pas appliquer en grand.

Nous avons vu que les greniers mobiles de M. Valléry, capables de contenir 1,000 hectolitres, revenaient encore à 6,600 fr.;

Soit 6 fr. 60 c. par hectolitre.

Et que pour des dimensions plus restreintes il faudrait compter sur 7 fr. à 7 fr. 50 c. par hectolitre.

Les magasins du quai de Billy, construits par le génie militaire pour la manutention des vivres à Paris, et qui, du reste, ont été établis avec une solidité parfaite, sont revenus à des prix incomparablement plus élevés si on ne tient compte que de la capacité pour le blé.

Ces magasins ont cinq étages et six planchers, dont la superficie totale est de 7,861$^{m.q.}$61 ; en déduisant, comme on le fait sur les registres de comptabilité, 949$^{m.q.}$87 pour les escaliers, les trémies, tire-sacs et autres parties vides, il reste 7,766$^{m.q.}$74 pour la surface propre à recevoir les blés. Le rez-de chaussée, qui a une surface de 1,390$^{m.q.}$99, est plus spécialement destiné à recevoir les blés en sacs ; on les met alors les uns sur les autres jusqu'à huit, et ils peuvent rester ainsi quelquefois pendant trois à quatre mois, selon leur nature et leur qualité. Sur les planchers des autres étages, le blé est en masse sur des couches régulières de 65 à 70 centimètres de hauteur. L'administration des vivres tient, autant que possible, à ne pas dépasser cette épaisseur, pour éviter l'échauffement et pour faciliter la main-d'œuvre, le déplacement, etc.

En somme, d'après le relevé exact qui nous a été communiqué, le bâtiment a coûté à l'État 568,451 fr. 83 c., y compris une dépense de 12,000 fr. pour un pont de communication du magasin aux moulins, situés à côté, et pour le pavage et les trottoirs aux abords. Et comme ses dimensions principales extérieures sont :

44^{m}56 de longueur
sur 33 28 de largeur,

ce qui donne en section horizontale 1,482$^{m.q.}$96,
on trouve que le prix s'est élevé à 383 fr. 35 c. par mètre carré.

La quantité de blé que l'on emmagasine étant de 38 à 40 mille hectolitres, les frais se montent en moyenne à 14 fr. 20 c. par hectolitre.

Dans un tel bâtiment, M. Huart pourrait, tout en conservant les colonnes et les poutres, ainsi que les murs, sans s'y appuyer, faire contenir 140 à 160,000 hectolitres, c'est-à-dire trois à quatre fois plus que les quantités qui peuvent y être actuellement emmagasinées.

Un magasin ordinaire, construit à moins de frais que celui du quai de Billy, revient encore au minimum à 8 fr. 30 c. par hectolitre en laissant l'espace nécessaire au pelletage, au tarardage et à tout le service intérieur.

On voit donc que de tous les divers systèmes usités pour réserver le blé, c'est celui de M. Huart qui est le plus économique, le moins dispendieux à établir.

FRAIS D'ENTRETIEN, DE MAGASINAGE, DE MANIPULATION ET D'AMÉLIORATION.

M. Huart se propose d'établir dans diverses contrées de la France des greniers de réserve dont les prix de location et de conservation permettraient des économies notables sur les prix actuellement en usage.

Que l'on suppose, par exemple, un magasin capable de contenir 100,000 hectolitres de blé, avec un mouvement moyen de 75,000 hectolitres, on trouverait le résultat suivant en prenant, pour base les prix en usage dans les différents ports de mer et autres places de commerce.

Capacité, 100,000 hectol. à 5 fr..	500,000 fr.
FRAIS. — 500,000 fr. à 4 0/0 d'intérêt.	20,000 fr.
2 hommes par 10,000 hectol., à 2 fr. par jour, pendant 300 jours.	12,000
Une machine à vapeur : 2 chevaux par 10,000 hectol., (20 chevaux) et 4 kilog. de charbon par heure (80 kilog.) pendant 10 heures de travail (800 kil.) à 3 fr. les 100 kilog. = 24 fr. soit pour 300 jours.	7,200
Assurance.	1,000
Contribution.	1,000
Un directeur.	3,000
Sous-directeur.	2.000
Divers frais.	3,800
	50,000 fr.

PRODUITS.

On peut admettre que sur la quantité de 100,000 hectolitres, 75,000 seront toujours utilisés, et que les transactions commerciales donneront lieu aux mouvements suivants :

4 entrées à 05 c.; soit 20 c. × 75,000.	15,000 fr.
4 sorties à 05 c.; soit de même 20 c. × 75,000. . . .	15,000
Criblages et ventilations à 05 c.	3,000
12 mois de location à 5 c. par mois = 60 c.	45,000
	105,000 fr.

On voit donc, d'après cette évaluation, que l'on peut compter sur un bénéfice raisonnable.

Nous croyons devoir établir de même, d'après M. Huart, un prix de revient pour un établissement particulier, en prenant pour base une capacité de 10,000 hectol., et nous trouvons :

Capital nécessaire à l'établissement du magasin de 10,000 hectolitres à 5 fr.	50,000 fr.
FRAIS. — 50,000 fr. à 4 0/0 d'intérêt.	2,000 fr.
2 hommes à 2 fr. pendant 300 jours.	1,200
Les 10,000 hectolitres devant être retournés tous les 8 jours, donnent 10,000 × 75 kilog., = 75,000 kil. (1).	
Soit en divisant par 80 9,375 kilog. par jour de 10 heures, lesquels, élevés à 20 mètres environ, y compris les vis, font 18,750 kilogrammètres;	
Ou $\frac{18750}{10 \times 60 \times 60}$ = 52^kgm. ou 7/10 de chev. par 1″.	
Soit au maximum, avec les pertes, en chiffre rond 1 cheval vapeur.	
A 4 kilog. de charbon par heure, ou 40 kilog. par jour, à 3 fr. les 100 kilog., la dépense est de 1 fr. 20 c.; et pour 360 jours.	432
Divers frais, au plus.	368
L'entretien annuel pour les 10,000 hectol. est donc de	4,000 fr.

Soit de 40 cent. par hectolitre,
ou seulement de 3cent. 3 par mois.

Le ministère de la guerre, après avoir fait examiner avec le plus grand soin le système de M. Huart, par la commission supérieure des subsistances, composée des officiers du génie les plus éclairés, vient de lui commander d'en faire l'application immédiate, sur une grande échelle, dans les magasins du quai de Billy.

Nous aurions été heureux de pouvoir donner, à ce sujet, le savant et remarquable rapport qui en a été fait par l'un de ces officiers, M. Doutrelaine, si déjà nous n'étions entré dans bien des détails, qui ont rendu cet article fort long. Nous ne pouvons cependant nous empêcher d'en citer, du moins, un court extrait; afin de montrer que, comme nous, toute la commission supérieure a apprécié les services que l'on peut attendre de ce procédé de conservation et d'emmagasinage des blés.

Le mouvement et l'aérage, dit M. Doutrelaine, sont continuels : le blé s'écoulant par l'orifice de sortie, glissant par petites nappes dans l'auget inférieur, conduit et retourné par la vis, reçu par l'élévateur, transporté

(1) Le poids moyen de l'hectolitre de blé est de 75 kilog.

par les godets au sommet du grenier, et rejeté par eux sur le crible, rafraîchi et ventilé dans ce crible, et retombant en pluie sur le sommet du tas, est remué et divisé de la manière la plus complète, et tous les grains sans exception, reçoivent à plusieurs reprises la salutaire influence des courants d'air.

Ces diverses opérations dégagent si parfaitement le grain des impuretés qui y étaient mêlées, qu'en sortant du grenier, il ne donne plus au nettoyage ordinaire de meunerie qu'un déchet de 1/2 pour 100. Les charançons notamment en ont complétement disparu.

La dessiccation du grain s'opère dans le grenier Huart par le seul fonctionnement de la machine. Du blé, emmagasiné humide, y acquiert bientôt de la coriacité et de la souplesse, devient brillant, glissant à la main, et sec à ce point que M. Huart, qui est aussi meunier, se voit obligé, pour lui rendre le degré d'humidité convenable pour la mouture, de le soumettre à un jet de vapeur quelques heures avant de l'envoyer au moulin.

Le magasin Huart, ajoute le rapporteur, est comparable à un silo extérieur lorsque la machine est au repos. Il est hors de doute que la température ne peut s'élever à l'intérieur des capacités au même degré qu'à l'extérieur. Enfin au point de vue de simple emmagasinage, sa supériorité sur les greniers ordinaires est manifeste tant en raison de la plus grande capacité qu'en raison de la moindre dépense d'établissement. C'est aussi ce que l'on a vu plus haut.

Quant aux frais de manutention l'avantage est encore pour le grenier Huart et dans une proportion plus notable. Ainsi M. Doutrelaine estime que par ce système, la dépense de conservation d'un hectolitre de blé ne dépasse pas 30 centimes par année, y compris les frais accidentels, tandis qu'elle s'élèverait à 2 fr. 25 c. dans les magasins militaires, en employant des ouvriers civils payés à raison de 45 sous par journée de 10 heures; et encore le travail de ces ouvriers ne procurerait pas, à beaucoup près, malgré la surveillance la plus assidue, les avantages que donne le fonctionnement simple et régulier du mécanisme de M. Huart.

Enfin, M. Doutrelaine arrive à conclure de ce système :

« Économie d'établissement, faible dépense d'entretien, capacité considérable, mouvement périodique ou continu de toute la masse de grain, ventilation, nettoyage, entretien d'une température basse, dessiccation progressive, et préservation des atteintes des insectes et des animaux rongeurs. »

PONTS OU VIADUCS.

VIADUC EN FONTE

ÉTABLI SUR LA LOIRE A NEVERS,

EXÉCUTÉ

Sous la direction de M. BOUCAUMONT,

INGÉNIEUR EN CHEF DES PONTS ET CHAUSSÉES,

Par les soins de **M. DE MARNE**, ingénieur ordinaire.

(PLANCHE 24.)

En publiant dans le IIe volume de ce Recueil le ponceau en fonte de M. Cadiat, et plus tard, dans le VIe volume, le grand pont de M. Krafft, établi suivant le système Polonceau, nous avons voulu démontrer que ce genre de construction devait nécessairement entrer dans le domaine de l'industrie mécanique, et était appelé à se répandre d'autant plus que les chemins de fer, où l'on a si souvent à en faire des applications, prennent chaque jour une plus grande extension.

Parmi les travaux d'art des voies ferrées, ce sont les ponts, les tunnels, les viaducs qui présentent, sans contredit, le plus de difficulté d'exécution, qui exigent le plus de connaissances, et sur l'érection desquels on a de nos jours, il faut le dire, fait le plus de progrès.

Les métaux, et particulièrement le fer et la fonte, jouent un rôle important aujourd'hui dans ces grandes constructions. Ils ne sont pas seulement avantageux sous le rapport de la résistance, mais encore sous le rapport de l'économie de main-d'œuvre et de montage. D'un côté avec l'outillage qui existe dans les grands ateliers, on perce, on tourne, on dresse facilement toutes les pièces de métal, quel que soit leur poids, quelles que soient leurs dimensions; d'un autre côté, avec les moyens d'échafaudage, les chariots, les treuils, les machines à barder qui sont établis sur les lieux

mêmes, on les transporte et on les monte sans peine, avec très-peu de monde, et en fort peu de temps.

C'est ainsi que l'on a exécuté le beau viaduc de Nevers sur la Loire, qui est regardé comme un véritable monument en ce genre. Il en est de même des viaducs de Libourne, d'Ars et de Frouard, sur la Moselle, et d'un grand nombre d'autres.

Le projet du viaduc de Nevers a été concerté dès 1848 entre M. Boucaumont aîné, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et M. de Marne, ingénieur ordinaire, qui en a dressé tous les plans d'exécution, dont la communication nous a été faite par l'administration, grâce à la recommandation particulière de ces ingénieurs à qui nous devons tous nos remerciements.

Ce viaduc est surtout remarquable par ses grandes dimensions, comme par les belles proportions des différentes parties qui le composent.

Il est établi pour la ligne du chemin de fer, sur cette portion du fleuve. à Nevers, où les eaux sont susceptibles de monter à plus de 5 mètres au-dessus de l'étiage. La longueur totale est de 384^m 45; ses arches en fonte, au nombre de sept, n'ont pas moins de 42 mètres d'ouverture sur 4^m 55 de flèche, et sont composées chacune de six rangs de voussoirs.

Le poids des pièces de fonte composant une seule arche s'élève, comme on le verra par le détail que nous en donnons plus loin, à plus de 360,000 kilogrammes, et celui des pièces de fer à plus de 6 tonnes métriques; en somme, le poids total des sept arches est de 2,576,651 kilogrammes, soit un peu plus de 2 millions et demi.

Les ouvrages d'art, commencés le 15 avril 1849, ont été complétement terminés le 15 août de l'année suivante. Les travaux ont été constamment suivis par M. de Marne, sous la direction de M. Boucaumont aîné.

Après la description que nous allons donner, avec la pl. 24, sur la construction de ce viaduc, nous ferons connaître dans la planche suivante les appareils employés pour la pose des arches, suivant les dispositions adoptées par l'ingénieur M. Krafft, qui a acquis dans ce genre une réputation méritée.

DESCRIPTION DU VIADUC REPRÉSENTÉ SUR LES FIG. DE LA PL. 24.

La fig. 1 du dessin, pl. 24, représente une vue d'ensemble, en élévation longitudinale, du viaduc en fonte à sept arches, dessiné à l'échelle de 1/1000 ou d'un millimètre par mètre.

Les fig. 2 et 3 montrent, d'un côté, la première moitié d'une ferme de rive vue extérieurement, et de l'autre, la seconde moitié d'une ferme intermédiaire vue également en élévation.

Les fig. 4, 5 et 6 sont des projections horizontales d'une même arche, la première, à droite, vue en dessus d'une partie de deux voies ferrées; la seconde, vue d'une portion du plancher en fonte qui forme le tablier

proprement dit ; la troisième, à gauche (fig. 6), indique le plan des tympans ; et enfin la quatrième et dernière montre les voussoirs et les entretoises qui les relient.

Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/150 ou de 6 millimètres 2/3 pour un mètre.

DES PILES ET CULÉES. — Les sept arches qui composent ce viaduc reposent sur six piles en pierre A, dont les fondations, entourées de pilotis, ont 4m50 de profondeur, et sur les culées extrêmes A′ et A², qui sont également bien fondées sur pilotis.

Chaque pile porte 3m 50 de largeur sur 8m 40 de longueur, dans la partie supérieure qui reçoit les arcs, et 5m 50 sur 13m 90 à la base inférieure, à partir de la semelle ou du socle qui s'élève à quelques centimètres au-dessus du sol. Elles sont arrondies et légèrement coniques depuis cette base jusqu'à la corniche correspondante au-dessous de la naissance des voussoirs en fonte.

La culée de gauche A′ a 9m 20 de largeur sur 21m 25 de longueur dans la partie rectangulaire, et se trouve en outre renforcée par deux murs parallèles suivant le terrain en élévation, et qui ont près de 1m 50 d'épaisseur vers le haut, et 3 mètres vers le bas.

La culée de droite A² est construite en forme d'arche à deux piles, à plein cintre de 10 mètres d'ouverture ; d'un côté, la largeur au pied est de 6m 90 sur 9m 25, et de l'autre, la largeur n'est que de 6m 50 extérieurement sur la même longueur, et 3m 50 d'épaisseur seulement vers le milieu, mais elle est renforcée en outre par deux fortes murailles qui se prolongent comme pour la culée de gauche, à près de 25 mètres sur la droite, en s'élevant suivant l'inclinaison des terres.

Les piles et les culées sont entièrement apparentes lorsque le niveau de la Loire est à l'étiage, lequel correspond exactement à leur base comme le montre la ligne ponctuée *n n′* (fig. 1). Dans les plus hautes eaux, elles se trouvent en partie noyées jusqu'à la hauteur indiquée par la ligne *m m′* qui est située à 5m 60 au-dessus de la première. La naissance des voussoirs de chaque arc se trouve à environ 1m 87 au-dessus de cette dernière, soit par conséquent à 7m 47 au-dessus de l'étiage.

La distance entre les piles ou mieux la corde de chaque arc est de 42 mètres ; c'est une des plus grandes dimensions que l'on ait adoptées jusqu'ici dans les ponts en fonte.

DES ARCS OU DES ARCHES. — Chacune des arches du pont se compose de sept fermes parallèles que l'on a dû nécessairement exécuter en plusieurs parties parmi lesquelles on distingue les *voussoirs* et leurs coussinets, les châssis de *tympans*, les corniches, les planchers et les garde-corps.

Les voussoirs sont au nombre de 11 pour chaque ferme, ce sont évidemment les pièces principales de l'arche ; ils doivent en effet supporter toute la charge qui presse sur le pont ; ils sont construits de telle sorte à ne

former, réunis, qu'un seul et même arc, comme s'ils étaient composés d'une pièce unique.

Chacun de ces voussoirs consiste en une large et forte plaque à nervures B B′ légèrement évidée à son intérieur, posée de champ et fondue d'un seul morceau, avec des oreilles *a*, à chaque extrémité, pour être traversées par des boulons d'assemblage. Les deux grands côtés sont nécessairement en arcs de cercle suivant le cintre même que l'on veut donner aux fermes, et les deux petits côtés sont dirigés suivant les rayons de ces arcs. Or, pour une corde de 42 mètres de longueur, les ingénieurs ont adopté une flèche de 4^{m}55, ce qui correspond pour le côté intérieur à un rayon de 50^{m}7365. La hauteur ou la largeur verticale des plaques, mesurée suivant la normale, étant de 1^{m}15, il en résulte que le rayon du côté extérieur est de 51^{m}8865.

La section des voussoirs B correspondants aux fermes intermédiaires est semblable à celle indiquée sur la fig. 9, qui montre que les oreilles existent de chaque côté de l'épaisseur de la plaque, il y en a alors huit à chaque bout; tandis que la section des voussoirs de rive B′ qui correspondent aux deux fermes extérieures est comme celle tracée sur la fig. 10, c'est-à-dire que ces voussoirs n'ont des oreilles que d'un côté; ils n'en portent pas sur la face apparente, qui est seulement garnie de petites moulures.

La largeur des pattes ou des brides extrêmes qui terminent les voussoirs intermédiaires est de 0^{m}29, tandis que celle des brides des voussoirs de rive n'est que de 0^{m}19. Dans les premiers, les nervures des grands côtés cintrés ont pour largeur 0^{m}20, et pour épaisseurs 0^{m}045 sur les bords et 0^{m}050 vers le milieu; dans les seconds, la largeur est de 0^{m}164; les épaisseurs sont les mêmes. Quant aux autres dimensions, elles sont égales dans les deux cas. Ainsi l'épaisseur de la toile ou de la partie évidée est de 0^{m}035, et celle de l'encadrement de 0^{m}050; la largeur de celui-ci étant de 0^{m}30. Les côtés extrêmes ou les *faces de joint* des voussoirs sont dressés dans toute leur étendue avec beaucoup de soin, suivant les lignes mêmes qui concourent au centre du cercle. On se rappelle que nous avons publié récemment à ce sujet une machine à raboter fort ingénieuse que M. E. Bourdon a été chargé d'exécuter pour M. Émile Martin, qui, comme on sait, a construit un grand nombre de ponts analogues en fonte. Avec deux machines semblables, dont les chariots porte-outils sont mobiles, on dresse deux faces à la fois, et régulièrement suivant l'inclinaison voulue.

Il résulte de cette disposition que lorsque les voussoirs sont présentés à leur place respective, ils coïncident très-exactement par leurs faces de joint, et il suffit de les boulonner deux par deux. Pour les deux voussoirs extrêmes qui viennent tomber sur les piles, on a eu le soin de les faire reposer sur une large et forte semelle C, que l'on appelle *coussinet*, et qui est assez longue pour recevoir les sept fermes; ces grandes plaques d'assises sont fondues en plusieurs morceaux réunis par les boulons *b* (comme

on peut en juger par le fragment indiqué en plan et en section longitudinale sur les fig. 11 et 12), avec des nervures qui leur donnent toute la force désirable, et avec des saillies assez élevées pour former les coussinets proprement dits, sur lesquels porte la face extrême de chaque voussoir. A cet effet, les surfaces de joint sont taillées dans plusieurs parties suivant des rainures parallèles dans lesquelles on chasse des clavettes ou clefs de serrage *c*, fig. 11 et 13, qui ont le mérite, lorsqu'elles sont chassées à refus, de bander l'arc dans toute son étendue et de le rendre ainsi complétement rigide tout en le réglant exactement au point de tension convenable. Pour éviter que les clavettes ne se desserrent et qu'il ne se produise quelque glissement, on a encore ajouté des boulons, afin de relier plus intimement les voussoirs et les coussinets. L'épaisseur des différentes parties de ces plaques est de 0m050 ; celle de leurs nervures est à peu près de même. Leur largeur entière est de 1m45, mais elles sont évidées dans plusieurs parties entre les voussoirs, suivant des rectangles arrondis aux angles, qui ont 0m472 sur 0m542 (fig. 12).

Comme il est utile que toutes les fermes conservent bien leur écartement et qu'elles ne puissent céder à des mouvements latéraux que tendent à produire les secousses, les trépidations des trains à leur passage sur le pont, on a eu le soin de relier les voussoirs par des entretoises parallèles D dont les fig. 14 et 15 donnent le détail. Ces entretoises se composent d'un tube en fonte formant embase à chaque bout pour s'appliquer contre les oreilles légèrement saillantes *d* des voussoirs (fig. 8), et sont traversées chacune dans toute leur longueur par un grand boulon à écrou et à clavette *e* (fig. 15) qui maintient bien l'écartement. On ajoute également pour augmenter l'adhérence, et rendre le tout bien solidaire, des petites clefs de serrage *f* qui sont chassées à l'un des bouts de chaque entretoise, après que les boulons sont en place et suffisamment serrés.

Les voussoirs sont en outre reliés de deux en deux par des entretoises obliques F, dont la fig. 16 montre un fragment en élévation, en coupe et en plan. Ces entretoises ne sont autres que des petites bielles en fonte à nervures un peu renflées dans leur milieu, et assemblées à charnière par leurs extrémités avec des semelles ou platines de fonte *g*, qui sont fixées par quatre boulons sur les faces verticales évidées des voussoirs. Le plan général (fig. 6 et 7) fait bien voir la direction de ces entretoises qui, situées dans des plans horizontaux, forment ainsi entre elles des espèces de parallélogrammes ou losanges donnant beaucoup de rigidité à tout le système.

Par cette disposition, les arcs sont tous parfaitement solidaires et forment un ensemble extrêmement rigide, qui résiste non-seulement aux grandes charges, mais encore aux chocs, à ces énormes trépidations que produisent les locomotives et leurs convois.

Des tympans et des planchers. — Les voussoirs sont tous surmontés de différents châssis à jours G qui diminuent naturellement de hauteur depuis les piles jusqu'au sommet de l'arc. Ces châssis, fondus en plusieurs

pièces qui s'ajustent l'une contre l'autre, composent ce que l'on appelle les tympans; ceux des fermes de rive ne portent des nervures que d'un côté sur la face intérieure (fig. 2), mais les châssis intermédiaires sont nervés sur les deux faces (fig. 3 et 18). Dans tous le côté supérieur est droit, de manière qu'étant réunis, ils ne forment plus qu'un seul et même plan à peu près horizontal, pour recevoir les plaques des planchers. Nous disons à peu près horizontal, parce que ce plan ne l'est pas exactement en effet, c'est-à-dire qu'au lieu de former un angle droit avec les faces verticales des piles et des culées, il forme au contraire un angle de 90° 5, à cause de l'inclinaison générale du pont.

Les châssis extrêmes, qui sont les plus grands, portent d'un côté une nervure extérieure qui s'encastre dans l'épaisseur de la maçonnerie de chaque pile sur une profondeur de 0m 12, et sur la hauteur entière qui n'est pas moins de 0m 34.

Pour rendre les tympans solidaires, comme on l'a fait des voussoirs, ils sont également réunis par des entretoises ou mieux des croix de saint-André en fonte (fig. 2 et 3), qui les maintiennent ainsi parfaitement rigides.

Les planchers qui viennent reposer sur les tympans pour porter les rails sont composés de plaques de fonte cintrées I (fig. 19 et 20), de forme rectangulaire extérieurement renforcée d'une part avec une nervure dans le milieu, et de l'autre avec des nervures à oreilles sur les côtés parallèles qui s'assemblent par des boulons à écrous. Ces plaques n'ont que 15 millimètres d'épaisseur sur la plus grande partie, mais leurs nervures en ont 17 et augmentent de hauteur vers le milieu ; elles ont 0m 690 de large sur 1m 275 de longueur. Elles se fixent sur les bords des tympans chacune par quatre boulons à écrous de 22 millimètres de diamètre. Des trous en entonnoir de 15 millimètres seulement sont ménagés vers les extrémités de ces plaques pour donner issue à la pluie.

C'est au-dessus de ce plancher de fonte que l'on établit les deux voies ferrées qui se composent, comme on sait, de rails parallèles en fer J (fig. 4) retenus de distance en distance par des chaises ou supports en fonte assis et boulonnés sur des traverses ou longrines en bois.

Des corniches et parapets. — Sur les deux fermes de rive de chaque arche, on a dû élever des parapets ou garde-corps, qui, comme toutes les autres parties, sont en fonte. A cet effet, les tympans de ces fermes portent des corniches à nervures K, pleines extérieurement et présentant en section la forme indiquée sur la coupe transversale fig. 21. Ces corniches sont fondues en 22 morceaux, 11 pour chaque côté. Leur épaisseur n'est que de 15 millimètres, mais les nervures qui les renforcent sur toute leur hauteur ont 0m 10 de saillie et ne sont espacées que de 0m 52. Elles portent, en outre, à la base 0m 174 de large ; et à leur partie supérieure 0m 260. C'est sur cette partie que l'on assemble les montants des garde-corps, lesquels sont aussi composés de châssis de fonte L, formant encadrement

avec des losanges ou croix de saint-André à l'intérieur; la partie inférieure des montants se prolonge d'une certaine quantité dans une sorte de manchon ou de renflement ménagé à la corniche, afin de s'y assujettir par une clavette *i* comme le montre le détail vu de face (fig. 23).

Chacun des deux garde-corps se compose de 20 châssis semblables qui s'emboîtent justement dans toute la hauteur de leurs montants en forme de queue d'hironde, comme on le voit sur la section horizontale fig. 24, de sorte que lorsque tout est monté, on croirait qu'ils ne forment qu'une seule et même pièce.

CALCUL RELATIF A LA SECTION DES ARCS D'UN PONT, PAR M. CADIAT.

Nous devons à l'obligeante amitié de M. Cadiat, qui, comme on sait, s'est occupé et s'occupe encore avec succès de la construction des ponts et viaducs en métal, la communication des formules relatives à la section des arcs. Nous pensons qu'elles seront lues avec beaucoup d'intérêt à la suite de la description qui précède, et dont elles forment le complément nécessaire.

« L'effort auquel les arcs d'un pont sont exposés est un effort de compression, dirigé dans le sens de la longueur des arcs.

« Cet effort varie pour chacune des différentes sections de la longueur des arcs; il est à son minimum à la clef, et à son maximum aux naissances, et il est proportionnel au poids du pont et de la surcharge.

« Dans le cas le plus simple, qui n'est applicable qu'aux ponts-aqueducs, le poids du pont avec la surcharge est à peu près réparti uniformément sur toute la longueur d'une travée, la courbure des arcs est parabolique, et l'effort exercé dans le sens des arcs, à la clef, est exprimé par

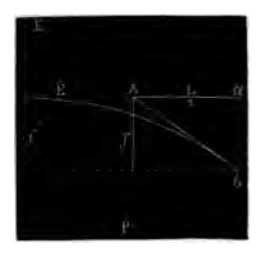
$$E = \frac{PL}{2f} \qquad [1]$$

E, étant la poussée horizontale ou l'effort dans le sens des arcs à la clef

P, le poids d'une demi-travée avec sa surchage;

L, la longueur d'une demi-travée;

f, la flèche des arcs.



Voici comment on parvient à cette expression : les deux forces P et E, qui se font équilibre autour du point A situé au milieu de la longueur

d'une demi-travée, sont entre elles en raison inverse de leurs bras de levier, et on a :

$$P : E :: f : \frac{L}{2}$$

d'où

$$E = \frac{P L}{2 f}.$$

« L'effort E′ exercé dans le sens des arcs aux naissances, suivant la tangente au premier élément des arcs, est égal à la résultante des deux forces P et E ou à

$$E' = \sqrt{E^2 + P^2} \quad [2]$$

« Ces expressions ne fournissent aucune relation absolue entre la grandeur des efforts E, E′ et la hauteur verticale qu'on doit donner aux arcs. Mais les arcs, pressés dans le sens de leur longueur, résistent, comme le feraient des piliers, d'autant mieux que leurs sections transversales sont plus étendues. Et, à égalité de matière employée, les arcs creux, de même que les colonnes, résistent mieux que les arcs à section pleine.

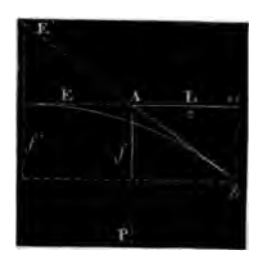
« Lorsqu'on fait usage d'arcs à sections planes, ils sont contreventés les uns par les autres, de manière à ne former ensemble qu'un seul arc, et chacun d'eux est soutenu latéralement à des points assez rapprochés pour qu'il ne puisse plier dans le sens de la plus faible dimension.

« La somme des sections des arcs dépend de la qualité du métal employé et de la charge que ce métal peut supporter sans s'écraser. La charge qu'on fait porter à la fonte est d'environ 3 kilogr. par millimètre carré. Ainsi, S représentant la somme des sections des arcs, à la clef, on doit avoir pour la fonte

$$S = \frac{E}{3} \text{ millimètres carrés,}$$

et S′ représentant la somme des sections aux naissances, on doit avoir

$$S' = \frac{E'}{3} \text{ millimètres carrés}$$



« Dans le cas où le poids d'un pont décroît à partir des naissances jusqu'à la clef, mais d'une manière symétrique pour les deux côtés d'une

travée, il faut déterminer la position, par rapport à la culée, de la verticale passant par le centre de gravité d'une demi-travée.

« En joignant le point de rencontre A de cette verticale avec l'horizontale passant par le sommet des arcs au point b, origine des arcs, on obtient la direction du premier élément des arcs, direction suivant laquelle s'exerce l'effort dans le sens des arcs aux naissances.

« Appelant encore :

f, la flèche des arcs ;

P, le poids d'une demi-travée avec surcharge ;

E, l'effort horizontal exercé à la clef ;

et l, la distance du centre de gravité de la demi-travée à la culée ; on a

$$E = \frac{P \times l}{f} \qquad [3]$$

« En comparant cette expression avec l'expression [1], l étant toujours plus petit que $\frac{L}{2}$, on voit que plus le centre de gravité d'une demi-travée se rapproche de la culée, moins les efforts exercés dans le sens des arcs sont considérables.

« La pression dans le sens des arcs aux naissances est encore

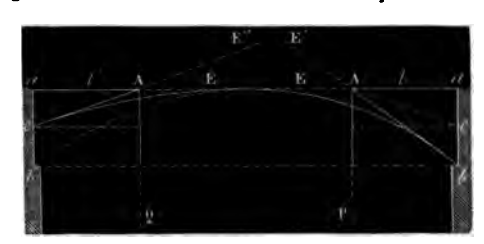
$$E' = \sqrt{E^2 + P^2}.$$

« Le plus souvent les deux moitiés d'une travée ne sont pas chargées d'une manière symétrique, et l'une des moitiés se trouve chargée, tandis que l'autre ne l'est pas.

« Dans ce cas, les choses se passent, comme nous venons de le dire, du côté de la demi-travée surchargée ; pour l'autre côté, les forces qu'il faut combiner pour trouver la grandeur et la direction des efforts qui s'exercent sur les arcs sont :

« 1° E, ou la poussée horizontale à la clef calculée en proportion du poids total de la demi-travée surchargée ;

« 2° Le poids vertical de la demi-travée surchargée que nous appellerons Q ; ce poids agit suivant la verticale passant par le centre de gravité de la demi-travée non chargée et à une distance de la culée que nous appellerons l'.



« La résultante entre les forces E et Q, que nous appellerons E″, est exprimée en grandeur par

$$E'' = \sqrt{E^2 + Q^2}$$

La direction de l'effort E″ rencontre la culée au point *c*, à une hauteur plus grande que celle du point *b*, où la force E′ rencontre la culée.

« Si l'arc n'avait pas à sa naissance une hauteur au moins égale à *bc*, il arriverait que la direction de l'effort exercé dans le sens des arcs sortirait de l'intérieur des sections de ces arcs, et que ces sections, au lieu de résister dans toute leur étendue à la compression, n'auraient qu'une portion de leur surface résistant à la compression, tandis que l'autre portion résisterait à l'extension.

« La hauteur *bc* se détermine par une relation bien simple, quand on suppose $l = l'$, c'est-à-dire quand on suppose que le centre de gravité de la demi-travée surchargée et celui de la travée non chargée sont à la même distance de la culée. On a, en effet,

$$\mathrm{P} : \mathrm{Q} :: ab : ac$$

$$\text{ou } \mathrm{P} : \mathrm{Q} :: f : ac$$

$$\text{mais } ac = \frac{f \times \mathrm{Q}}{\mathrm{P}}$$

et en appelant *h* la hauteur *bc*, on a

$$h = f - ac$$

$$\text{ou } h = f - \frac{f\,\mathrm{Q}}{\mathrm{P}}$$

« La hauteur *h* est la hauteur la plus faible qu'on doive donner aux arcs à leur naissance. C'est l'amplitude de l'espace que parcourt la direction de l'effort dans le sens des arcs aux naissances, lors du passage des fardeaux d'une demi-travée à l'autre demi-travée.

« Il est évident que cet espace doit être entièrement compris entre la courbe extrados et la courbe intrados des arcs, si l'on veut que toutes les parties du métal des arcs résistent constamment par compression.

« On remarquera que la hauteur *h* est toujours plus grande que

$$f - \frac{f\,\mathrm{Q}}{\mathrm{P}},$$

parce que le centre de gravité de la demi-travée non chargée est toujours plus éloigné de la culée que celui de la demi-travée surchargée.

« Ainsi, lorsqu'on donne aux arcs une largeur égale à la clef et aux naissances, on doit leur donner une largeur correspondante à la hauteur *h*, cette hauteur étant déterminée en tenant compte du déplacement du centre de gravité. (Il est inutile de faire observer qu'une partie de la matière est employée en pure perte.)

Souvent on donne aux arcs une hauteur moindre que *h*, mais dans ce cas, pour que leur rigidité soit suffisante, ils sont solidement reliés avec les tympans, et ces derniers doivent être considérés comme faisant partie des arcs.

« La section des arcs, aux naissances, à l'endroit où s'exerce la pression E'', doit être calculée pour que la résistance à l'écrasement y soit la même qu'à la clef. En faisant ce calcul, il faut remarquer que toute la section *bc* n'est pas également pressée dans tous ses points : quand la direction de l'effort devient E'', en se rapprochant de l'extrados, c'est la portion de la section la plus rapprochée de l'extrados qui supporte l'effort, et réciproquement, quand la direction de l'effort devient E', en se rapprochant de l'intrados, c'est la portion de la section rapprochée de l'intrados qui supporte cet effort. La section totale des arcs aux naissances doit donc être d'autant plus considérable que les surcharges qui ne portent que sur une demi-travée sont plus grandes par rapport au poids propre de chaque demi-travée. »

VIADUC DE FROUARD SUR LA MOSELLE.

ÉCHAFAUDAGES ET MÉCANISMES DE LEVAGE,

Par **M. E. KRAFFT**, ingénieur à Strasbourg.

(PLANCHE 25.)

M. E. Krafft, qui est déjà bien connu de nos lecteurs, soit par ses turbines hydrauliques, soit par ses moteurs à vapeur et d'autres appareils, a bien voulu nous communiquer les tracés des procédés de levage qu'il a appliqués dans l'érection des ponts et viaducs en métal dont il a été chargé.

Nous avons pensé qu'on ne saurait trop propager les moyens mécaniques que l'on emploie maintenant, avec un si grand succès, dans tous les travaux d'art, et qui permettent de construire avec beaucoup plus de rapidité et d'économie.

Les chèvres, les cabestans, les treuils, posés sur le sol, tels qu'on les a appliqués pendant longtemps, ne suffisent plus aujourd'hui pour les grandes constructions. On ne craint pas de monter des échafauds en rapport avec la hauteur des édifices, et susceptibles de recevoir des chemins de fer, des chariots, des grues, des machines à barder, avec lesquels on enlève et on promène sur les points voulus les plus fortes charges. Il en résulte cet avantage qu'on peut monter sans difficulté, des pièces tout assemblées au lieu de les élever séparément, et de les ajuster sur place. Le travail se fait mieux, plus vite, et les ouvriers plus à l'aise ne craignent pas les accidents.

C'est naturellement dans les ateliers de mécanique que l'on a commencé à établir de ces appareils puissants et commodes, pour le montage des

grosses pièces de machines. Noùs avons cité, à ce sujet, les systèmes en usage dans plusieurs usines importantes, comme chez M. Nillus et chez MM. Mazeline frères, au Havre, systèmes qui sont d'autant plus à remarquer, que, logés dans la partie supérieure, ils laissent entièrement libre l'emplacement consacré au montage. Ce sont de véritables chariots mobiles dans le sens longitudinal et dans le sens transversal, portés sur des poulies en charpente ou en fer, auxquels on suspend les objets les plus lourds pour les transporter d'un point à un autre, avec un ou deux hommes seulement.

Pour l'érection des édifices publics, des ponts, des viaducs, de telles machines deviennent indispensables, aussi nous voyons nos ingénieurs, nos constructeurs habiles les appliquer actuellement partout.

M. E. Krafft, qui a dirigé simultanément, après en avoir fait l'étude, l'exécution des arches en fonte des viaducs d'Ars et de Frouard, sur la Moselle, a été très-satisfait des résultats obtenus avec ces appareils. Ils lui ont permis de faire avancer très-rapidement la pose des fontes, et même celle des corniches et des parapets en pierres de taille. On a pu constater avec bonheur que pendant toute la durée des travaux il n'y a eu aucun accident à déplorer, les treuils ayant toujours fonctionné avec sûreté et docilité; les ouvriers ont été constamment dans la plus parfaite sécurité.

Les deux ponts d'Ars et de Frouard, établis pour le passage du chemin de fer de Nancy à Metz, sont à peu près semblables. Ils sont tous deux à quatre arches de fonte; leurs piles et culées exécutées par M. Michel, ingénieur des ponts et chaussées, et sous la direction supérieure de M. Thirion, ingénieur en chef, sont complétement en maçonnerie.

Chacune des arches du viaduc d'Ars a 33 mètres d'ouverture et 3^{m} 30 de flèche (soit le 1/10 de la corde), et chacune de celles du viaduc de Frouard n'a que 30 mètres, et 3^{m}75 de flèche ou 1/8.

Il est entré dans la composition de ces viaducs les quantités de métal suivantes :

	Viaduc d'Ars.	Viaduc de Frouard.
Fonte.	956 000 kilog.	759 000 kilog.
Fer forgé. . .	36 000	25 000
Total. . . .	992 000	784 000

M. Krafft, ayant eu pleine liberté d'exécuter le levage de ces ponts comme il l'entendait, a fait établir, pour chacun d'eux, un échafaudage supportant deux lignes de rails, qui couraient non-seulement dans toute la longueur des quatre arches, mais encore sur une longueur de 150 mètres au delà.

La hauteur moyenne des rails au-dessus des eaux basses était de 8 mètres; l'écartement d'une ligne à l'autre était de 10^{m}40, ce qui a suffi pour comprendre, entre les deux voies, les piles et les culées déjà exécutées.

L'ensemble de ces voies avait une pente à peu près uniforme de 3 millimètres par mètre depuis l'origine, située à 150 mètres des viaducs, jusqu'à la culée opposée. Les rails reposaient sur de longues pièces de charpente supportées, en partie sur les piles, en partie sur des montants encastrés dans le sol par leur extrémité inférieure.

Dans la construction du pont de Libourne, qui a été exécuté aussi depuis peu, sur le chemin de fer de Tours à Bordeaux, l'ingénieur a cru devoir établir les rails transversaux qui portent le chariot et la machine à barder sur des poutrelles en tôle, formant des espèces de tuyaux à section elliptique, dont le grand axe est placé verticalement à 0m 40, et le petit axe horizontal à 0m 30.

Cette application de poutrelles en tôle a déjà été faite par plusieurs constructeurs, et en particulier par M. Lemaître, et par MM. Mazeline, qui en ont reconnu les avantages.

Nous avons représenté sur le dessin, pl. 25, tout le système d'échafaudage et de levage, tel qu'il a été appliqué par M. Krafft au viaduc de Frouard. La description qui suit servira à en bien faire comprendre toute la disposition.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DE MONTAGE REPRÉSENTÉ SUR LES FIGURES DE LA PLANCHE 25.

Les proportions de notre cadre ne nous ayant pas permis de donner l'ensemble complet de l'échafaudage, nous avons dû le représenter par parties, comptant sur l'intelligence de nos lecteurs pour en bien saisir le tout.

Sur la fig. 1re nous avons indiqué une élévation extérieure de la moitié d'une arche du pont, à peu près terminée, mais avec la charpente qui a servi au montage des cintres en fonte ; et sur la fig. 2, une coupe verticale de la seconde moitié de l'arche avec l'élévation de l'échafaudage complet des rails, et du châssis locomobile portant le mécanisme de levage.

La fig. 3 montre, outre la vue latérale de l'une des piles, une coupe transversale suivant la ligne 1-2-3, de tout cet échafaudage et de l'appareil mécanique ; et la fig. 4 fait voir également en section transversale, faite suivant la ligne 4-5, toute la charpente, sur le châssis mobile, mais avec la section des cintres de fonte en place.

On peut reconnaître tout d'abord par ces figures que l'une de ces deux voies ferrées est longitudinale et située à la hauteur des cintres de chaque côté des piles, et l'autre est transversale, placée sur le sommet du châssis mobile, pour recevoir le treuil proprement dit, ou mécanisme de levage ; par cette disposition il était facile de transporter celui-ci dans toutes les directions ; le prolongement de la grande voie, à 150 mètres au delà de l'une des culées, a permis d'amener ce treuil jusque vers le point même où toutes les fontes ont été déchargées et classées avant la pose, et l'incli-

naison de 3 millimètres était particulièrement destinée à lui faciliter la marche lorsqu'il était chargé.

De l'échafaudage fixe. — Dès que les piles en pierres A du viaduc ont été montées jusqu'à une certaine hauteur, on a pu établir le grand échafaudage, sur lequel tout l'appareil mécanique devait fonctionner. Les figures du dessin montrent bien la disposition entière adoptée par l'ingénieur pour la construction de cet échafaudage.

Il est formé de plusieurs grands montants ou poteaux verticaux en bois dont les uns B sont adossés contre les piles et les autres intermédiaires B', enfoncés comme des pilotis jusqu'à une certaine profondeur dans le sol. Ces montants sont reliés non-seulement par des patins C, et par des traverses D, D', mais encore par des entretoises boulonnées E E', qui leur donnent la rigidité nécessaire. Des jambes de force F servent, en outre, à les consolider pour porter les poutrelles G G', sur lesquelles on a posé un plancher de service, qui permet d'aller facilement d'une pile à l'autre.

C'est au-dessus de ce premier échafaudage que l'on a organisé les appareils de transport et de levage. Ainsi on a formé un vaste châssis horizontal, composé de deux grandes longuerines H, et de plusieurs traverses parallèles I, et reposant d'une part sur les poutrelles supérieures G, et de l'autre, sur des poteaux obliques J scellés par le bas à la partie avancée des piles et reliés par le haut à d'autres pièces de charpente K. Les deux grandes longuerines que l'on a eu le soin de consolider dans les parties non soutenues par les poutrelles, reçoivent les deux lignes de rails *a*, qui forment la voie principale dont nous venons de parler. Ces rails ont la forme de ceux adoptés dans les chemins de fer et sont de même assujettis par des coins dans des chaises de fonte boulonnées aux charpentes.

Du chariot ou chassis locomobile. — La largeur de la voie ou la distance des deux rails étant de 10m 40, a permis d'appliquer un système de chariot ou de châssis mobile d'une grande portée, ce qui était utile pour opérer au besoin sur toute la surface d'une arche du pont. La carcasse de ce chariot (voyez les détails fig. 5 et 6) se compose de quatre forts pieds en charpente L reliés par des entretoises M et par des tirants en fer *b*. Ils portent à la partie supérieure le grand châssis horizontal N, qui, outre les jambes de force D (fig. 3), est fortement bandé par les arbalétriers en fer *c*, afin de pouvoir supporter de fortes charges sans fléchir. A la base du chariot sont quatre roues ou poulies à gorge *d*, en fonte, de forme légèrement conique et ayant 0m 60 de diamètre moyen. Les axes de ces poulies tournent dans des chapes en fonte à nervures *e*, fixées à la partie inférieure des quatre pieds du châssis, et ils portent, chacun d'un bout, une roue droite *f*, avec laquelle engrène un pignon denté *g*.

Par cette disposition on peut faire rouler tout le système avec sa charge sur toute la longueur de la voie seulement à l'aide de deux hommes qui s'appliquent aux manivelles *h*, rapportées à l'extrémité des axes de chacun des deux pignons. Le rapport entre le diamètre de ceux-ci et celui de leurs

roues, était de 1 à 8, l'avancement sur les rails était seulement de 15 à 16 mètres par minute. M. Krafft, en faisant l'application de l'appareil dans d'autres cas analogues, a modifié ce rapport, de manière à obtenir une translation de 45 à 50 mètres par minute.

Comme les lignes de rails montés sur une charpente aussi élevée, et ayant une si grande portée, ne pouvaient être à l'abri de tout mouvement, l'auteur a jugé prudent de ménager aux poulies ou galets des rebords de chaque côté, saillants de $0^m 04$, afin d'empêcher le déraillement qui eût été évidemment très-dangereux.

Au moment de l'installation de ce vaste chariot mobile, quelques personnes, d'ailleurs très-compétentes, avaient émis des craintes au sujet du déraillement, qui, suivant elles, devait résulter de la moindre différence de vitesse des deux manivelles. Non-seulement ces craintes se sont trouvé n'être pas fondées, mais encore, on a très-souvent fait parcourir au chariot toute la longueur de la voie, en agissant sur une seule manivelle, sans qu'il en résultât le moindre dérangement.

Les hommes préposés au service de ce chariot se placent sur des espèces d'estrades ou de planches mobiles P, que soutiennent des tiges de fer *i* attachées aux chapes mêmes des galets ; de sorte qu'ils se trouvent ainsi transportés avec l'appareil qu'ils font mouvoir.

Du treuil universel. — Les longuerines supérieures du grand chariot sont aussi munies d'un chemin de fer, composé simplement de deux barres carrées *j* (fig. 7 et 8) en partie encastrées dans la charpente. Sur ces rails roulent les quatre galets à gorge *k*, qui portent tout le mécanisme. Les axes en fer *l* de ces galets traversent la base des deux bâtis de fonte triangulaires Q, reliés dans le haut par une entretoise en fer *m*, et dans le bas par des semelles en bois R, formant cadre, et portant deux faux planchers S sur lesquels montent les ouvriers chargés de la manœuvre.

Sur l'un de ces axes est une roue dentée *n*, recevant les mailles d'une chaîne sans fin *o*, qui communique à un pignon plus petit *p*, dont l'axe prolongé est commandé par la manivelle *q*. On fait alors tourner celle-ci pour faire mouvoir la chaîne et sa roue, et par suite pour faire avancer le treuil sur la voie transversale. Un seul homme suffit à cette manœuvre lors même que le treuil est chargé de 3500 kilog.

De cette sorte l'appareil peut desservir tous les points de la construction et du chantier de dépôt, puisque d'un côté il peut parcourir avec le chariot qui le porte toute la grande voie longitudinale *a*, et de l'autre se promener sur la seconde voie *j*, qui règne sur toute la largeur.

Comme cet appareil avait à satisfaire, en outre, à la condition d'élever, avec le moins de perte de temps, des fardeaux de poids très-variables, et de les descendre de même, M. Krafft a dû nécessairement l'organiser de manière à pouvoir le faire marcher à deux vitesses différentes, tant à l'ascension qu'à la descente, cette dernière s'effectuant, du reste, par l'action

modératrice d'un frein, comme dans les grues que nous avons publiées (tom. I et IV).

Voici comment l'auteur a disposé son mécanisme pour atteindre le but : sur l'axe du tambour en fonte T du treuil, il a monté une forte roue droite U de 80 dents, avec laquelle on fait engrener, quand on le juge convenable, un fort pignon *r* de 12 dents. L'arbre *s* de ce pignon est prolongé pour recevoir vers l'extrémité opposée une autre roue droite V, de 70 dents, dans laquelle on engage également un pignon à joue *t*, de 15 dents, rapporté sur un second arbre parallèle *u*.

Or, on peut indifféremment monter les manivelles X, qui doivent servir à faire tourner ces engrenages, soit sur les carrés qui terminent ce second arbre *u*, soit sur les carrés de celui *s*.

Dans le premier cas, qui est employé pour les fortes charges, les organes se trouvent comme ils sont indiqués sur les fig. 7 et 8, c'est-à-dire toutes les roues sont respectivement engrenées : le pignon *t* commande la roue V, et son mouvement de rotation retardé, dans le rapport de 15 : 70, se communique au pignon *r*, qui lui-même le transmet, à son tour, à la grande roue U, en le retardant aussi dans le rapport de 12 : 80. Le tambour T ne fait donc alors que

$$\frac{15}{70} \times \frac{12}{80} = 0{,}032$$

pour un tour de manivelle.

Par conséquent, en admettant que celles-ci fassent 35 révolutions par minute, le treuil en fera seulement

$$0{,}032 \times 35 = 1{,}12$$

dans le même temps. Et comme son diamètre au centre de la corde Y, qui porte la charge, est de 0^{m}290, on trouve que, dans cette hypothèse, la vitesse à la circonférence est de

$$\frac{0^{m}290 \times 3{,}1416 \times 1{,}12}{60} = 1^{m}385 \text{ par minute.}$$

Mais comme la corde Y va s'accrocher par son autre extrémité en un point fixé *v* au bâti de l'appareil en passant sous la gorge de la poulie Z à la chape de laquelle on suspend l'objet à élever, il est évident que celui-ci ne monte en définitive que d'une quantité égale à la moitié du développement de ladite corde.

Ainsi, dans le cas supposé, la charge est élevée à la hauteur de

$$\frac{1^{m}0385}{2} = 0^{m}5197,$$

ce qui correspond seulement à une vitesse de :

$$\frac{0^{m}5197}{60} = 0^{m}00866 \text{ par seconde.}$$

A côté du gros pignon *s*, le constructeur a eu le soin de placer une roue à rochet x dans laquelle les ouvriers engagent, chaque fois qu'ils sont en travail, le cliquet de retenue x' (fig. 9 et 10), afin de maintenir la charge à chacun des points de la hauteur à laquelle elle est élevée.

Pendant le mouvement un loquet à contre-poids *y* (fig. 7 et 11) placé sur le bout de l'axe *u* entre le bâti et l'une des manivelles X, empêche la translation de cet arbre dans le sens indiqué par la flèche f'.

Quand la charge est arrivée au point où il s'agit de la descendre, les ouvriers sortent les manivelles, et l'un d'eux soulève le cliquet x', tandis que l'autre presse sur le levier L′ du frein proprement dit r' afin de modérer la vitesse du mouvement descensionnel. Ce frein se compose, comme le montrent les fig. 8 et 9, de deux poulies à gorge P′, montées respectivement sur les axes des pignons *r* et *t*, et embrassées en grande partie sur leur circonférence par deux ressorts en acier non trempé r'; il est aisé de reconnaître qu'en appuyant sur la poignée du levier L′, on fait tourner son axe d'une petite quantité, dans la direction de la flèche indiquée fig. 9, et qu'alors les extrémités des ressorts qui sont attachées à des points opposés du petit disque d', porté par cet axe, tournant forcément dans le même sens, opèrent sur les poulies une plus grande pression, et par suite augmentent notablement la friction, qui peut devenir par cela même assez forte pour arrêter au besoin toute la charge.

Lorsqu'il s'agit, au contraire, de manœuvrer des pièces moins pesantes, on soulève le loquet *y*, afin de pouvoir repousser l'axe *u* dans le sens de la flèche (fig. 7) jusqu'à ce que le pignon *t* soit dégrené; le même loquet, redescendu tout à fait à l'extrémité de l'arbre, à la place de la manivelle, empêche cet arbre de revenir à son ancienne position. On engage alors les manivelles sur les carrés de l'axe *s*, pour faire tourner directement le gros pignon *r*, qui, de cette sorte, a une vitesse de rotation près de cinq fois plus grande, et permet, par suite, de faire monter la charge autant de fois plus vite.

Lors de la descente, l'axe de ce pignon *t* ne tournant pas, le frein n'agit que sur la poulie de celui *s*, de sorte que la résistance qu'il produit est également proportionnée à la charge à descendre.

Toute cette disposition a permis de faire avancer très-rapidement, comme nous l'avons dit, la pose des fontes et même des corniches et des parapets en pierres à taille.

Pour satisfaire au désir qui nous a été exprimé par l'auteur, nous nous faisons un devoir, en terminant cette description, de dire que pendant l'exécution simultanée des deux viaducs d'Ars et de Frouard, M. E. Krafft a été puissamment secondé par la confiance et la largesse de vues de

M. Thirion, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et par son jeune frère et collaborateur M. Gustave Krafft, décédé à Ars-sur-Moselle, et à la mémoire de qui il s'est plu à rendre ce témoignage de fraternité et de reconnaissance.

POIDS ET PRIX DE REVIENT APPROXIMATIF DES PONTS ET VIADUCS EN FONTE ET EN FER, PAR M. GUETTIER.

Nous extrayons de l'*Annuaire* de 1854, publié par le comité de la Société des anciens élèves des Écoles impériales d'arts et métiers, le résumé suivant de l'article de M. Guettier sur la construction des ponts en fonte et donnant d'une manière approximative le poids et par suite le prix des principales parties qui composent ces édifices.

« On peut, dit M. Guettier, évaluer aussi approximativement que possible la dépense des ponts en fonte à construire, si l'on prend note :

« 1° Qu'en ce qui concerne la carcasse proprement dite des ponts, c'est-à-dire les poutres et les entretoises seulement :

« Les ponts à poutres droites, de 3 à 4 mètres, reviennent à 15 ou 1,600 kil. le mètre courant.

« Les ponts à poutres droites, de 5 à 8 mètres, reviennent de 16 à 1,800 kil. le mètre courant.

« Les ponts à voussoirs, en section de T simple ou de T double :

« Jusqu'à 10 mètres, reviennent de 1,800 à 2,000 kil. le mètre courant.

« Les mêmes ponts, de 10 à 15 mètres, reviennent de 2,000 à 2,200 kil. le mètre courant.

« Les mêmes ponts, de 15 à 30 mètres, reviennent de 2,200 à 3,000 kil. le mètre courant.

« Les ponts du système Polonceau, de 10 à 15 mètres, reviennent de 3,000 à 3,500 kil. le mètre courant.

« Les mêmes ponts, de 15 à 30 mètres, reviennent de 3,500 à 4,000 kil. le mètre courant.

« Au-dessus de 30 mètres de portée, l'emploi de fonte au mètre courant atteint rapidement des proportions plus élevées, et peut avoir, par exemple, pour un pont à voussoirs de 60 mètres de portée, de 8,000 à 10,000 kil. par mètre courant; tandis que, pour un pont à poutres droites de même portée, sur colonnes ce poids se tiendrait, comme nous l'avons fait voir, dans les limites de 1,800 kil. environ, colonnes comprises.

Dans les évaluations ci-dessus, le poids des entretoises est compris pour une quantité qui varie du dixième au quinzième du poids total. Dans aucun cas, et quelle que soit la solidité que l'on veut donner à la réunion des fermes, il ne nous paraît utile que le poids des entretoises soit élevé plus haut que le huitième du poids total.

2° Qu'en ce qui touche les parties accessoires des constructions, les colonnes peuvent peser, base, chapiteau et patin compris, pour le mètre courant :

Pour les diamètres de 0m20 à 0m25.	300 à	400 kil.
— de 0m50.	400 à	500
— de 1 mètre.	800 à	1,000
Les garde-corps pèsent	70 à	75
Les corniches légères pèsent	80 à	100
— lourdes —	150 à	180
Les plaques de recouvrement pour trottoir pèsent.	80 à	90

« 3° Qu'enfin les tabliers, quelle que soit leur nature, peuvent être moyennement établis, suivant les dispositions que nous avons données, à raison de 20 à 25 fr. par mètre carré.

« Quant au prix de la fonte, aujourd'hui élevé, demain plus réduit, suivant les conditions de hausse et de baisse du moment, on peut estimer qu'il doit se tenir dans les limites de 25 à 30 fr. les 100 kil. pour les ponts simples à poutres droites, et 30 à 35 fr. pour les ponts importants à voussoirs, pourvu que les pièces ne présentent pas de difficultés de fabrication. Dans les mêmes limites d'emploi, il faudrait compter, si l'on faisait usage du fer et de la tôle, sur 65 à 75 fr., et 75 à 85 fr. Nous supposons dans tous les cas les ponts ajustés et mis en place.

« Des ponts de chemins de fer, à poutres droites en fonte, ont été livrés, en 1847 et 1848, au-dessous de 25 fr., et des ponts à voussoirs au-dessous de 30 fr. par diverses usines françaises, et des ponts en tôle à 60 et 70 fr.; mais il faut dire qu'à cette époque les prix de vente de la métallurgie étaient arrivés à leur plus basse limite connue. Abstraction faite de toute crise semblable à celle qui avait amené alors cette baisse énorme dans les prix des fers et des fontes, il est certain qu'en temps prospère on trouverait encore des usines qui accepteraient des conditions aussi réduites, si elles étaient surtout attirées par des dispositions offrant une fabrication simple, facile et économique.

« On a admis jusqu'à présent qu'à égales conditions de résistance une poutre en fonte devrait avoir au moins trois fois, plutôt quatre fois l'épaisseur d'une poutre en tôle. Sans faire préjuger ce qu'on pourrait rabattre de cette opinion, en admettant un emploi bien entendu de la fonte, il faut reconnaître qu'une construction en tôle exige un plus grand nombre de pièces accessoires de consolidation.

« Nous ne croyons donc pas avancer ici une opinion erronée en disant que dans tous les cas, et en supposant l'emploi de la fonte admis dans des conditions tout à fait ordinaires, on doit arriver à construire des ponts en fonte dans un rapport de poids ne dépassant pas 2 à 1, en comparant ces ponts avec ceux en fer. »

ROGNEUSES MÉCANIQUES.

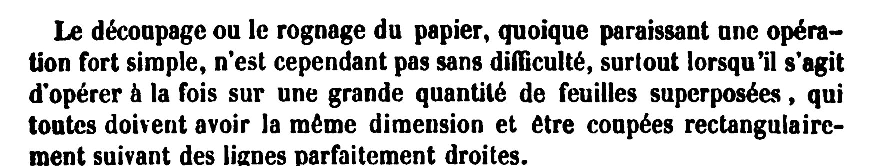
MACHINES A COUPER ET ROGNER LE PAPIER,

LE CARTON, LES LIVRES, ETC.

Par **M. POIRIER**, mécanicien,

Et par **M. PFEIFFER**, relieur à Paris.

(PLANCHE 26.)



Le découpage ou le rognage du papier, quoique paraissant une opération fort simple, n'est cependant pas sans difficulté, surtout lorsqu'il s'agit d'opérer à la fois sur une grande quantité de feuilles superposées, qui toutes doivent avoir la même dimension et être coupées rectangulairement suivant des lignes parfaitement droites.

Depuis longtemps déjà on a cherché à effectuer ce travail mécaniquement, et il a été proposé, à cet effet, bien des procédés qui, pour la plupart, malgré leur bonne exécution, n'ont pu donner les résultats que l'on en attendait.

Parmi les machines qui ont eu une certaine vogue, et que l'on trouve aujourd'hui chez un grand nombre de papetiers, de relieurs et de cartonniers, on peut citer celles de M. Massiquot et de M. Bottier (1), qui se distinguent par leur simplicité et le mode d'action du coupage.

Ces fabricants, et plusieurs autres avec eux, ont compris que dans une telle opération il est indispensable de faire glisser le couteau en même temps qu'il descend à travers la masse des feuilles, de manière à imiter l'effet d'une scie ; aussi ils ont eu le soin de disposer leur mécanisme soit de manière à faire marcher le couteau obliquement, soit de telle sorte

(1) Nous avons donné le dessin de la machine de M. Bollier dans le IIe vol. 1re année du *Génie industriel*.

que son tranchant se trouve incliné à la surface du papier, afin qu'en descendant il coupe toujours suivant une ligne oblique.

Cet effet se comprend bien naturellement, car chaque jour tout le monde en fait la remarque ; dès que l'on prend un couteau, on ne fait pas que d'appuyer sur l'objet à trancher, car alors il faudrait déployer une trop grande force pour le faire couper, mais encore on ne manque pas de le faire marcher dans le sens de la longueur de la lame, afin de scier tout en opérant la pression.

Le couteau ne diffère donc de la scie proprement dite, que parce que son arête tranchante est parfaitement effilée, au lieu d'être dentée. Il en résulte que les surfaces des parties coupées sont beaucoup plus franches, plus nettes, plus unies que si elles étaient sciées.

Or, pour le papier et pour le carton, cette condition d'un coupage très-lisse est nécessaire, indispensable, et pourtant par la nature même de ces matières, l'opération est extrêmement délicate. Non-seulement il faut des tranchants en acier très-vifs, très-effilés, mais encore il faut qu'ils aient des mouvements bien précis ; il faut, en outre, qu'ils soient affûtés souvent, parce qu'ils s'émoussent aisément, malgré leur bonne confection et leur bonne trempe.

Un mécanicien intelligent, M. Brisset, qui a fait, nous pouvons le dire, une étude spéciale des outils tranchants, et qui a construit pour M. Guillout, fabricant de biscuits à Paris, des machines fort ingénieuses pour la fabrication des boîtes en carton (1), a imaginé un moyen particulier et fort curieux pour imprimer, dans ses rogneuses mécaniques, un mouvement alternatif multiple à son couteau, qui, dès lors, va et vient plusieurs fois sur lui-même tout en descendant.

La machine à rogner que nous avons relevée chez M. Poirier, et que nous avons cru devoir choisir pour la *Publication industrielle*, est évidemment l'une de celles qui réunit les meilleures conditions de travail ; elle est brevetée en France, en Angleterre et ailleurs. Cette machine se distingue non-seulement par l'ensemble de sa construction générale, mais encore par des dispositions mécaniques toutes spéciales.

Ainsi elle comprend entre autres les particularités suivantes.

1° Le double mouvement de glissement du couteau dans un sens, et de la table qui reçoit le papier dans le sens opposé ;

2° Le mécanisme pour couper suivant des dimensions déterminées et comptées à l'avance ;

3° Le mécanisme d'embrayage et de débrayage s'effectuant en temps utile ;

4° La possibilité de marcher par courroie ou par engrenage d'une manière continue et sans interruption de la commande ;

(1) La fabrique de biscuits de M. Guillout est extrêmement remarquable par les procédés mécaniques qu'il a su y introduire ; établie sur une vaste échelle, elle occupe un personnel très-nombreux, et on peut dire que ses produits sont expédiés presque dans tous les pays du monde.

5° Les moyens de régler le plateau et son inclinaison relative, suivant l'épaisseur du papier, suivant sa nature ou les circonstances particulières du travail ;

6° Le mode de fixation, d'ajustement et de disposition du couteau ;

7° Enfin, l'organisation pour arrêter la coupe en temps voulu ou limiter cette coupe à volonté.

Ce sont ces différents points que nous allons essayer de faire comprendre, en décrivant ce nouvel appareil. Nous donnerons ensuite l'explication du système particulier de M. Pfeiffer, relieur intelligent, qui, en homme du métier, a cherché à résoudre un problème fort difficile que personne n'avait osé tenter jusque-là : nous voulons parler de son procédé mécanique pour couper circulairement en creux, et former ce que l'on appelle les *gouttières* des livres dans la reliure.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A COUPER DE M. POIRIER, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 1 A 10 DU DESSIN PL. 26.

La fig. 1 représente une élévation vue de face de la machine toute montée.

La fig. 2 en est un plan vu en dessus.

La fig. 3 une vue de côté.

La fig. 4 une coupe verticale faite suivant la ligne 1-2 du plan.

Les fig. 5 et 6 sont des détails d'une première combinaison du mouvement principal et de l'embrayage proprement dit.

Enfin la fig. 7 est une vue de face de la pièce servant à régler l'inclinaison du plateau; la fig. 8 un détail du compteur, et la fig. 9 la section du porte-couteau et de son tranchant.

DES CHASSIS FIXES ET MOBILES. — Le bâti de cette machine se compose de deux châssis en fonte A nervés et à jours, reliés entre eux par des boulons d'écartement et reposant sur les deux pieds verticaux B, également en fonte et à nervures.

Entre ces deux châssis fixes sont ajustés les deux châssis mobiles C et D directement placés l'un au-dessus de l'autre; celui supérieur C est muni du couteau proprement dit *c*, et l'inférieur D supporte la grande table ou plate-forme de fonte E sur laquelle on couche en les superposant les feuilles de papier ou de carton à couper ; on peut ainsi mettre plusieurs centaines de feuilles au besoin, lorsqu'elles sont minces, de manière à former une couche plus ou moins épaisse de 5 à 10 centimètres par exemple.

Toute la couche, quelle que soit d'ailleurs son épaisseur, est parfaitement maintenue au moyen du plateau F qui est dressé et monté libre à l'extrémité de la vis à plusieurs filets G, laquelle est munie du petit volant à percussion H qu'il suffit de faire tourner dans le sens convenable.

Ce système de vis à percussion est emprunté aux presses de Révillon,

construites depuis près de vingt-cinq ans, et qui ont rendu de bons services dans certaines industries, telles que celles relatives à la fabrication du vin et du cidre, en permettant d'atteindre de grandes pressions sans déployer, à bras d'hommes, des efforts trop considérables. On sait qu'il consiste à ménager sur la tête de la vis deux ergots ou deux dents saillantes *a*, comme celles indiquées sur le plan fig. 10 et la coupe fig. 4, et deux autres semblables à l'intérieur du moyeu même du volant, de sorte que lorsqu'on s'applique aux poignées dont celui-ci est armé, pour le faire tourner, il entraîne naturellement la vis dans sa rotation par le contact de ces dents comme si les deux organes étaient solidaires. Mais l'objet le plus important de ce mode d'ajustement est surtout d'ajouter à l'action quand on arrive vers la fin de l'opération, c'est-à-dire quand on ne peut plus serrer ; c'est alors que l'on agit par percussion ; pour cela on détourne le volant d'un quart de cercle environ, puis on le ramène rapidement sur lui-même de telle sorte à produire un choc très-vif sur les dents ; on fai alors l'effet d'un coup de marteau, la vis est forcée de tourner encore d'une certaine quantité. On peut ainsi obtenir des pressions très-considérables avec la puissance d'un seul homme.

Du buttoir. — Pour que le papier soit coupé bien rectangulairement et à une longueur déterminée, le constructeur a ménagé dans la plate-forme E une longue rainure *e* dans laquelle pénètre la base du buttoir I formant équerre qui doit être également bien dressé sur ses deux côtés. Au-dessous de cette équerre est reporté et fixé à vis l'écrou en cuivre I′, lequel est ouvert en deux parties pour former ressort, et est traversé par la vis à quatre filets *i*, afin de permettre de faire marcher le buttoir assez rapidement quand on le juge nécessaire. Cette vis se manœuvre à l'aide de la manivelle J que l'on tourne à la main soit à droite, soit à gauche, suivant que l'on veut faire avancer ou reculer le buttoir.

C'est contre la face verticale de ce dernier que l'on fait appliquer le fond des feuilles de papier ou de carton à couper, après toutefois qu'on a fixé sa position ou sa distance exacte par rapport au couteau. Cette distance, qui détermine la longueur des feuilles, peut être rigoureusement connue à l'avance par l'espèce de compteur appliqué à la tête de la vis. Ainsi cette dernière porte un disque circulaire qui fait corps avec la manivelle J, et qui porte en dedans un petit cliquet à ressort *r* (fig. 8), que l'on engage dans les dents de la roue à rochet *j*′, également ajustée mais librement sur la tête de la vis. Des divisions tracées sur la circonférence extérieure et un index fixe montrent la quantité de tours que l'on fait faire à la vis, ou mieux la distance du buttoir au couteau *c*, et par suite la longueur du papier.

De la table mobile. — Pour obvier à l'inconvénient que présentent presque toutes les machines à couper le papier de ne pas rogner bien droit, c'est-à-dire perpendiculairement à l'horizontale, la plate-forme E est rendue oscillatoire, afin de pouvoir lui faire prendre une inclinaison détermi-

née par la nature ou l'épaisseur de la pile de papier que l'on veut couper.

Pour arriver à ce résultat, on a ménagé au-dessous de la table un petit renflement arrondi qui repose sur un renflement semblable, mais convexe dans le sens opposé, ménagé de même au centre de la plaque *d* qui surmonte le châssis mobile D avec lequel elle est fondue; de cette sorte, la plate-forme ne repose réellement que par un seul point sur ce dernier. Il est bon d'ajouter toutefois qu'elle n'en est pas moins équilibrée et assujétie convenablement, comme il est facile de s'en convaincre.

Ainsi, outre les oreilles *o* venues de fonte avec le dessous de la table (fig. 4) et présentant des nervures qui embrassent les côtés de la plaque *d*, on a fixé à cette dernière un support courbé et à fourche *b* détaillé (fig. 7) : ce support sert à loger l'écrou *e'*, dans lequel s'engage la vis de la fourchette *f* qui s'articule à la chape *f'* vissée à la plate-forme. Il en résulte que lorsqu'on fait tourner l'écrou *e'* dans un sens ou dans l'autre, on fait monter ou descendre la fourchette *f* et avec elle la plate-forme qui prend alors une certaine inclinaison qu'on limite à l'aide des vis buttantes *v*.

COMMUNICATION DE MOUVEMENT. — M. Poirier a été amené, dans la construction de cette machine, à combiner divers mécanismes pour donner le double mouvement au couteau et à la table. Nous décrivons les deux principales dispositions : la première a été détaillée sur les fig. 5 et 6; la seconde se voit sur les fig. 1, 2 et 3.

Dans la première disposition, on remarque que l'arbre principal *g* qui reçoit à l'une de ses extrémités la poulie motrice L, porte aussi vers son milieu un manchon d'embrayage *h* dans la gorge duquel entre la fourchette *h'* assemblée d'un bout à la pièce courbe *l*; cette fourchette est articulée près du milieu de sa longueur, de façon à pouvoir entraîner le manchon *h*, quand elle se trouve sollicitée soit par les cames *m* et *m'* qui sont adaptées sur la face intérieure de la roue droite M, et qui alors agissent sur la pièce *l*, soit par le levier *l'* (fig. 6), monté sur une tige oblique qui traverse la douille renflée l^2 venue de fonte avec le bâti A. Au sommet de cette tige est montée la tringle recourbée *n* servant à embrayer ou débrayer à la main, quoique d'ailleurs cette opération puisse se faire par la machine elle-même comme on va le voir.

Supposons que l'appareil soit prêt à fonctionner, c'est-à-dire prêt à couper, le manchon *h* placé dans cette position par la came *m'* est engagé à droite avec la douille du pignon P, lequel fait tourner la roue N et par suite le pignon O monté sur le même axe. Ce dernier commande la roue M fixée sur un petit arbre inférieur qui porte en même temps le secteur denté *p*, lequel engrène avec la crémaillère droite *q*, boulonnée obliquement sur le châssis inférieur D.

Déjà on a pu reconnaître par les premières figures que ce châssis est relié à celui supérieur C par les courtes bielles en fer D' et C', et par le balancier en fonte B', qui a son point fixe au centre de l'oreille O' venue

de fonte avec le bâti A. Ainsi les deux châssis C et D se trouvant solidaires, quand l'un monte, l'autre descend, mais tous les deux marchent d'ailleurs obliquement suivant l'angle des glissières qui leur servent de guide. La table et le porte-couteau obéissent naturellement à ce mouvement inverse et oblique.

Ces deux châssis arrivés à la fin de leur course, c'est-à-dire au moment où le couteau *c* vient rencontrer la plate-forme E, la came *m* adaptée sur le côté de la roue droite M, agit sur la pièce *l* et fait dégager le manchon *h* de la douille du pignon P et l'engager sur celle du pignon P′. Or, celui-ci engrène directement avec la roue M qui alors tourne dans le sens contraire, et par ce moyen fait, d'une part, descendre la table, et de l'autre, remonter le couteau, et cela avec une vitesse plus grande comme on peut s'en convaincre par le rapport des engrenages.

Une partie de cette combinaison de mouvement, surtout celle des cames et de la crémaillère, ne laisse pas que d'être compliquée et susceptible de dérangement et d'entretien ; aussi l'auteur n'a pas tardé à chercher une autre disposition qui fût à la fois plus simple et plus économique. On peut aisément la comprendre sur les fig. 1 à 3. Voici en quoi elle consiste :

Le pignon denté P, qui est adapté à l'extrémité de l'arbre moteur *g*, engrène avec une roue droite R dont l'axe prolongé à travers les châssis de fonte, porte à l'autre bout un pignon semblable S que l'on fait engrener avec une roue plus grande T. Or, l'axe de cette dernière, prolongé de même, forme manivelle à chaque extrémité ; ou si l'on veut, contre la face de la roue on applique un goujon *s* qui sert de bouton de manivelle, et de l'autre côté, on rapporte un petit plateau *t*, qui reçoit également un goujon semblable ; c'est à ces boutons de manivelle que l'on adapte les têtes des bielles en fer U qui, à l'autre bout, se relient par articulation aux extrémités d'une traverse en fer *x* fixée vers le milieu de la partie inférieure du châssis mobile D.

Il est aisé de voir que par cette disposition lorsque la poulie motrice L est en activité, les engrenages transmettent aux boutons de manivelle un mouvement de rotation qui se transforme par les bielles en un mouvement alternatif. Et comme ces bielles sont obliques, ce mouvement s'effectue lui-même, suivant une direction inclinée. Toute la table qui repose sur ce châssis reçoit donc le même mouvement ; et par cela même que le châssis supérieur C est relié, comme on l'a vu plus haut, avec celui-ci par les tringles C′ D′ et le balancier de fonte B′, il reçoit également un mouvement semblable, mais qui se trouve exactement en sens opposé, c'est-à-dire que quand l'un des châssis marche vers la droite, l'autre marche vers la gauche, et réciproquement.

Dans cette disposition, on arrête complétement la machine en faisant passer la courroie motrice de la poulie fixe L sur la poulie folle L′ (fig. 2 et 3), tandis que dans le premier cas, il fallait ramener le manchon d'embrayage dans sa position milieu pour qu'il n'engrène ni avec la douille du

pignon P ni avec celle du pignon p', lesquels alors tournaient librement sans entraîner la roue M qui transmettait le mouvement au système. Afin de régler à volonté la hauteur du couteau *c*, suivant son plus ou moins d'usure, on le fixe à la base du châssis supérieur C au moyen de vis à tête conique *u*, qui lui permettent de glisser dans des rainures verticales et avec des vis de rappel taraudées dans le porte-couteau C (fig. 9).

En résumé, cette rogneuse mécanique est, sans contredit, l'une des machines qui, de toutes celles que nous connaissons, nous a paru devoir produire les meilleurs résultats, soit pour la régularité avec laquelle elle opère, soit pour sa bonne construction, soit encore pour l'économie qu'elle permet de réaliser dans le travail.

DESCRIPTION DE LA ROGNEUSE MÉCANIQUE A FAIRE LES GOUTTIÈRES DES LIVRES, DE M. PFEIFFER, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 11 ET 12, PL. 26.

Toutes les machines à couper ou à rogner les papiers, soit pour les registres, soit pour les ouvrages de librairie, n'ont pas d'autre but et ne peuvent faire autre chose que de couper suivant des surfaces planes; il en résulte qu'il leur est de toute impossibilité de faire cette espèce de *gouttière* ou de surface creuse qui doit être ménagée sur le côté antérieur parallèle au dos du livre.

On est alors dans l'obligation, pour former cette face, de faire glisser tous les feuillets, de telle sorte que leur bord extérieur se trouve dans le même plan; il faut pour cela une très-grande habitude de la part de l'ouvrier pour que chaque feuillet soit réellement repoussé de la quantité convenable et pour les ramener ensuite à leur position primitive quand la rognure a été faite. Aussi il n'est pas rare de voir des livres reliés ne présenter aucune régularité à la surface de la gouttière, ou se déranger presque immédiatement aux premières fois qu'on les ouvre.

M. Pfeiffer, s'occupant depuis longtemps de cette branche d'industrie, a cherché à y apporter des améliorations, soit pour opérer avec plus de célérité et d'économie, soit pour obtenir des résultats plus satisfaisants sous le rapport de la régularité et de la perfection du travail. Il s'est donc attaché d'une manière toute particulière à faire une machine qui pût à la fois servir à deux fins, c'est-à-dire couper ou rogner suivant des surfaces droites, et aussi suivant des surfaces cintrées. Il a imaginé à cet effet plusieurs dispositions particulières qui sont susceptibles de remplir le but. Nous allons décrire celle qui nous a paru la plus simple et dont on comprendra suffisamment le principe à l'aide des fig. 11 et 12 du dessin pl. 26.

Le système de M. Pfeiffer se compose de deux couteaux travaillant séparément et indépendamment l'un de l'autre.

Le premier *a* est un couteau droit effilé en acier fondu, disposé comme dans les rogneuses ordinaires. Il est fixé par des vis à un porte-couteau en fonte A que l'on fait glisser dans des coulisses ménagées sur les parois

intérieures du bâti vertical B, en le manœuvrant soit par une bielle et une manivelle, soit par d'autres moyens connus. Quand ce couteau ne doit pas fonctionner, il suffit de le maintenir élevé à peu de distance au-dessus des livres à rogner, et de ne pas faire mouvoir son mécanisme.

Le second couteau est plus particulier. Il se compose d'une lame d'acier très-mince *b*, que l'on a préalablement contournée, suivant une forme circulaire en section transversale (fig. 13) : ce n'est autre, en réalité, qu'une portion de cylindre que l'on adapte par des vis à un porte-couteau en fer C fixé lui-même à une sorte de traverse en fonte D, avec laquelle est solidaire le secteur denté E (fig. 11).

Sachant que pour couper des feuilles de papier d'une manière nette et précise, il faut agir en sciant, comme nous l'avons dit précédemment, l'auteur a dû combiner son mécanisme pour que le porte-lame ait réellement deux mouvements : l'un circulaire alternatif, et l'autre rectiligne ou de va-et-vient.

De cette sorte, chaque point de l'arête tranchante marche suivant la forme d'une hélice très-allongée dans le sens de la longueur, lorsqu'on lui imprime un mouvement de rotation.

Le secteur denté engrène avec un pignon droit *e* dont l'axe prolongé porte une roue droite F qui est elle-même commandée par un autre pignon plus large *d*, monté sur l'axe du volant G. C'est par ce volant que l'on fait mouvoir le système en appliquant simplement une main à sa circonférence.

Il est évident qu'en le faisant tourner, chacun des engrenages est entraîné dans la rotation, et par suite le secteur denté lui-même reçoit un mouvement analogue et le transmet à la lame circulaire qui ne s'arrête que lorsque son arête tranchante vient buter contre la règle d'arrêt en bois *c*, qui sert de véritable buttoir. Elle a donc alors traversé toute l'épaisseur de la couche de papier qui compose le livre à rogner.

Mais en même temps que le porte-lame a reçu ce mouvement de rotation, il a aussi marché dans le sens transversal, parce que le pignon *d* qui commande la roue F d'un côté engrène de l'autre avec une roue semblable H, dont l'axe porte un manchon cylindrique *f* (fig. 12), sur la circonférence de laquelle est pratiquée une gorge héliçoïdale. Or, dans cette gorge s'engage le bout d'un goujon à vis *i* taraudé dans l'épaisseur de la douille en fonte I assujétie sur le bâti de la machine. Il en résulte que tout en tournant sur lui-même, le manchon est forcé de glisser dans le sens de la longueur de la douille. Et comme il est relié à la traverse de fonte J qui porte l'axe du secteur, cette traverse transmet à ce dernier le même mouvement rectiligne, limité à l'amplitude de la rainure héliçoïdale.

Quoique le manchon tourne constamment sur lui-même, tout en marchant, la traverse ne reçoit que le mouvement rectiligne, parce qu'il est assemblé avec celle-ci par l'intermédiaire d'un canon fileté *g* et d'un goujon à tête.

Quand la *gouttière* du livre est faite, si on veut rogner les parties droites, on recule tout le système du porte-couteau cylindrique en arrière à gauche, à l'aide de deux vis de rappel *h*, placées dans une direction parallèle, et portant chacune à leur extrémité une roue d'angle que l'on fait tourner ensemble par un arbre transversal.

Le livre *l* dont on rogne les différents côtés est préalablement serré à un degré convenable, entre deux mâchoires *m*, *m'*, dont l'une, celle inférieure, se visse sur la table de fonte K, et l'autre, celle supérieure, est vissée au-dessous de la traverse L, qui est également en fonte. Les deux mâchoires sont rapprochées ou écartées en même temps par deux courtes vis de rappel *n*, *n'*, qui sont filetées en sens contraire, mais montées sur le même axe vertical que l'on fait tourner à la main, soit par une paire de roues d'angle, soit directement par une manivelle.

M. Pfeiffer, breveté en France et en Angleterre pour ce système de machines, saurait en obtenir de très-bons résultats ; elle est déjà appréciée dans les deux pays par plusieurs fabricants distingués.

PROCÉDÉS PERFECTIONNÉS DE FABRICATION DU GAZ,

PAR M. OMER SALMON.

En France, la fabrication du gaz de l'éclairage s'obtient par la carbonisation de la houille dans des cornues, lesquelles sont chauffées au moyen d'un foyer établi sous elles.

L'expérience a démontré qu'en général, pour 100 kilogrammes de houille, on obtient :

20 mètres cubes de gaz.
65 kilogrammes de coke (2/3).
6 à 8 kilogrammes de goudron.
Et des sels ammoniacaux.

Le nouveau procédé de M. Salmon, fonctionnant à l'usine d'Albi, consiste à chauffer les cornues au moyen de fours remplaçant le foyer. Ces fours sont chargés de houilles provenant des mines de Carmaux (Tarn), en produisant du coke métallurgique employé actuellement au chauffage des machines locomotives et propre aux fondeurs ; la chaleur produite par la carbonisation sert à chauffer les cornues ; ainsi, il y a donc économie d'un foyer que nous allons évaluer approximativement :

Auparavant, les 64 kilogrammes de coke provenant de la carbonisation servaient à l'alimentation du foyer, sur lequel il n'était retiré que le 1/3 propre au chauffage des appartements ; il s'ensuit donc l'économie des 2/3 du produit du coke (2/3 de 65) ou 44 p. 0/0 augmentés du bénéfice de la vente du coke métallurgique ou coke ordinaire ; cette dernière évaluation peut représenter environ 10 p. 0/0.

MACHINE

A LAVER, NETTOYER ET SÉCHER

D'UNE MANIÈRE CONTINUE

TOUTE ESPÈCE DE GRAINS, DE GRAINES

OU D'AUTRES SUBSTANCES,

Par **M. Ch. BARON**, ingénieur-mécanicien à Pontoise.

(PLANCHE 27.)



On sait que les machines à laver et nettoyer les grains, proposées il y a près de vingt ans, n'ont pas eu tout le succès qu'on en espérait, soit parce qu'elles étaient beaucoup trop dispendieuses pour pouvoir être appliquées dans tous les moulins, soit parce qu'elles exigeaient un calorifère qui, outre l'inconvénient de consommer une quantité de combustible, était à chaque instant le sujet de craintes d'incendie. Aussi, à l'exception de quelques grands établissements qui adoptèrent ce système, dont plusieurs ont même été abandonnés depuis, les meuniers en général ne crurent pas devoir en faire usage.

Il faut le reconnaître cependant, le lavage des grains est une opération très-importante qui, lorsqu'elle est bien effectuée, est susceptible de donner un meilleur nettoyage. Mais pour que ce procédé devienne tout à fait manufacturier, il est indispensable qu'il se fasse d'une manière continue et sans travail manuel, et qu'il soit immédiatement suivi d'un bon système de séchage qui ne présente pas les inconvénients indiqués plus haut, et qui, de plus, permette aussi d'opérer sans intermittence et sans main-d'œuvre.

Tel est le problème que M. Baron s'est proposé de résoudre, et qui l'a conduit à imaginer l'ingénieuse disposition de machine dont on verra plus loin la description.

Cette machine, comme l'indique le titre, a pour objet d'opérer d'une manière continue, et pour ainsi dire simultanément, le lavage, le nettoyage et le séchage des grains, des graines ou d'autres substances. Le principe sur lequel elle repose est bien celui de la force centrifuge, appliquée depuis longtemps déjà pour les tissus et quelques autres industries. Mais les appareils tels qu'ils ont été établis n'opèrent que d'une manière intermittente; il faut de toute nécessité en arrêter la marche complétement pour les charger comme pour les décharger. Il en résulte que l'on perd beaucoup de temps, et que l'on emploie une main-d'œuvre dispendieuse. Par le système de M. Baron, il n'en est pas ainsi, l'appareil se charge seul et se vide de même à chaque opération sans le secours d'aucun ouvrier.

M. Baron se propose d'en faire l'application non seulement au lavage et au séchage des céréales, mais encore dans d'autres branches d'industrie.

Ainsi, par exemple, dans la fabrication du sucre, cet appareil pourrait, selon l'auteur, être appliqué avec avantage, parce qu'agissant sans interruption, il ferait plus et mieux tout en opérant sur de moindres quantités à la fois, de même dans les féculeries, pour blanchir et sécher les fécules de pomme de terre.

Les riz, qui sont des céréales très-difficiles à nettoyer, pourraient également, soumis à cet appareil, être lavés, décortiqués et séchés avec une grande régularité, et sans occasionner de main-d'œuvre.

Pour des minerais à laver et à séparer, ou pour d'autres matières, telles que des oxydes métalliques ou des compositions quelconques, la machine est encore applicable, et peut-être avantageuse; elle a d'ailleurs le mérite de pouvoir s'établir sur des formes et des proportions différentes et correspondantes aux applications que l'on veut en faire.

DESCRIPTION DE LA MACHINE REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. DE LA PL. 27.

La fig. 1re du dessin (pl. 27) représente une coupe verticale faite par l'axe de l'appareil continu, et supposé appliqué à laver, nettoyer et sécher des grains ou des graines.

La fig. 2 en est le plan général, ou plutôt une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 1-2 de la fig. 1re.

La fig. 3 est une élévation, vue extérieure et latérale, à gauche de la machine.

La fig. 4 représente, en développement, l'excentrique cylindrique, ou la poulie à plusieurs gorges, destinée à produire tous les mouvements qui doivent être communiqués aux diverses parties de l'appareil.

Pour peu que l'on examine ces figures, on reconnaîtra sans peine que la machine proposée se compose de plusieurs parties essentielles, savoir :

1° D'un laveur proprement dit, au-dessus duquel se trouvent un réservoir d'eau et une trémie alimentaire contenant les grains à nettoyer.

2° D'un appareil à force centrifuge destiné à recevoir les blés après qu'ils ont été lavés, et à les sécher, sans autre action que celle résultant de la rotation plus ou moins rapide qui lui est imprimée.

3° D'un mécanisme combiné pour transmettre les mouvements convenables à chacune des parties essentielles de la machine, et à interrompre ces mouvements pendant tout le temps nécessaire sans qu'on soit obligé de s'en occuper, les changements s'effectuant par le moteur lui-même.

DU LAVEUR.

Le laveur proprement dit, n'est autre qu'une sorte de tonneau ou de caisse verticale A, qui est traversée à son centre par un axe vertical B, sur lequel sont montés plusieurs croisillons à bras arrondis C. Ces croisillons ont pour objet de remuer les grains ou les graines que l'on renferme dans le tonneau avec l'eau qui doit les laver. Pour que l'agitation et le mélange soient le plus complets possible, on ajoute à l'intérieur du vase des branches fixes D, entre lesquelles passent les bras des croisillons.

L'arbre B repose par sa partie inférieure sur une pointe aciérée *a*, qui lui sert de pivot, et il est retenu vers sa partie supérieure par un collet en bronze renfermé dans une cuvette de fonte *b*.

Deux forts robinets E E', sont adaptés à la partie inférieure du tonneau pour servir, le premier, à donner écoulement à l'eau qui a été employée au lavage, et le second à donner issue aux grains après qu'ils ont été suffisamment lavés. Ces robinets, dont les fig. 5 et 6 montrent la section sur une échelle plus grande, s'ouvrent et se ferment successivement aux instants voulus par la disposition du mécanisme que l'on verra plus loin. L'un est simple, c'est-à-dire n'a que deux orifices, l'autre est double ou à trois orifices, c'est-à-dire à deux eaux.

Au-dessus de celui-ci est une plaque percée, ou toile métallique *c*, rapportée au fond de la caisse pour permettre l'écoulement de l'eau sans laisser sortir le blé.

Un tuyau recourbé F, formant raccord, est adapté au boisseau de ce robinet, pour conduire l'eau, après le nettoyage, dans le bassin inférieur H, et de là au dehors de l'établissement, et un autre raccord F', également recourbé, communiquant avec un conduit vertical F^2 ménagé à l'extérieur du tonneau, s'applique au même robinet pour servir de régulateur ou d'indicateur de niveau, en rejetant l'excédant de l'eau dans l'espèce de récipient circulaire en fonte A' qui entoure toute la partie supérieure du tonneau, et qui est fermée par un couvercle de tôle.

A la base du robinet E, se trouve aussi un conduit méplat G, qui doit amener le blé lavé au tambour mobile, et qui, dans une partie de sa longueur, en *e*, est percé de trous afin de laisser égoutter les grains, à mesure

qu'ils descendent, pour que la plus grande partie de l'eau qu'ils auraient pu entraîner ne passe pas à l'appareil, et qu'elle s'en aille au contraire par le tuyau *f* dans le même bassin H.

Au-dessus du tonneau est disposée la trémie alimentaire I, qui sert de mesureur, pour livrer à l'appareil la quantité de blé que l'on veut nettoyer à la fois dans chaque opération. Cette trémie est surmontée d'une chambre ou d'une autre trémie beaucoup plus grande, comme on en établit généralement dans les moulins, et avec laquelle elle est en communication par le conduit vertical J.

A la partie inférieure de ce conduit, et à celle de la première trémie, sont appliqués les registres verticaux en tôle ou en fonte K et K', attachés à deux tiges en fer, qui les relient par articulation aux extrémités d'un petit balancier en fonte L, lequel peut osciller sur son axe *j*.

Quand le premier registre K est ouvert, le second est fermé, le blé venant de la chambre remplit alors le mesureur I; et lorsque le second registre K' est ouvert à son tour, le premier étant alors fermé, tout le blé contenu dans cette trémie descend dans le tonneau A, où il se trouve remué et mélangé avec l'eau provenant du réservoir supérieur M, parce que le robinet N, qui établit la communicatton entre ce réservoir et le tonneau, se trouve lui-même ouvert en même temps que le registre K'. Dès que la trémie ou le mesureur I est vide, ce registre se ferme et avec lui le robinet N.

Voulant laisser le moins de tuyaux possible apparents à l'extérieur de l'appareil, l'auteur s'est arrangé pour qu'une partie des grandes colonnes en fonte C', qui servent de supports et de bâti à toute la machine, fasse en même temps l'office de conduits. C'est pourquoi le trop plein du réservoir est adapté à l'une de ces colonnes mêmes, comme on le voit sur l'élévation fig. 3, par la tubulure recourbée b^2. Il en est de même pour la communication du raccord F avec le bassin H.

Après que le blé a été suffisamment lavé, pendant quatre à cinq minutes, par exemple, le robinet inférieur E s'ouvre tout d'abord pour donner échappement à l'eau; puis son voisin E' s'ouvre à son tour afin que tout le grain puisse se rendre dans l'hydro-extracteur, ou le tambour à force centrifuge, dans lequel il doit se sécher.

DE L'HYDRO-EXTRACTEUR.

Cet appareil, qui constitue l'une des parties principales de l'ensemble du système, est disposé d'une manière toute particulière qui lui permet de fonctionner par intermittence, et cependant sans interruption dans le travail, et sans exiger d'arrêter la machine à chaque opération.

Il se compose d'un vase ou tambour annulaire O, en toile métallique ou en métal mince, percé de trous sur toute sa circonférence afin de donner issue à l'eau qui se dégage de la surface du grain pendant la rotation.

A sa base ouverte est appliqué un fond mobile P, doublement conique, lequel forme, par son contour extérieur, une sorte de registre cylindrique destiné à ouvrir ou à fermer, dans le temps voulu, les orifices rectangulaires *h*, pratiqués à la partie inférieure conique du plateau de fonte O′ qui sert à porter le tambour, et qui, pour cela, est fondu avec une longue douille cylindrique O^2, terminée par un moyeu plein, alésé, qui traverse l'axe vertical en fer Q, auquel on imprime un mouvement de rotation très-rapide.

On remarque que la douille O^2 est évidée intérieurement pour permettre d'élever la petite colonne de fonte C^2, qui reçoit à son sommet la crapaudine en bronze *a′* du pivot de l'arbre vertical.

Cette disposition laissant aussi la place nécessaire au passage des tringles *i*, permet de réunir le fond mobile P au manchon P′ par ces tringles mêmes, et par suite de le faire monter ou descendre à volonté à l'aide du grand levier à fourche U′, lequel est assemblé à charnière, d'une part, à la douille en cuivre qui porte le goujon ou mentonnet *l′*, et de l'autre à l'oreille de l'écrou *o*, dont on peut varier la hauteur à volonté par le petit volant *o′*.

Le tambour est entouré d'une chemise en tôle R, fixée sur une base solide en fonte, pour recevoir toute l'eau qui s'est dégagée pendant le travail et la conduire au même bassin H par le conduit inférieur *h′*. Quant au blé séché, il s'échappe du tambour par les orifices *h* et par la partie inférieure du fond mobile P, dès que celui-ci est descendu à la position qu'il occupe sur la fig. 1re. Il tombe alors dans la trémie T′, et de là dans la boîte de la vis sans fin V′ qui le conduit au récipient des meules.

Pour produire les divers mouvements nécessaires dans ces opérations successives du lavage et du séchage du blé, M. Baron a dû combiner un mécanisme qui permette de remplir le but avec la plus parfaite exactitude, d'une manière continue, et sans le secours de la main de l'homme.

La pièce principale de ce mécanisme n'est autre qu'une poulie en fonte S, de forme cylindrique, avec plusieurs gorges ou rainures pratiquées sur sa circonférence, et montée sur un axe vertical T, qui lui imprime un mouvement de rotation très-lent, au moyen de deux roues *m*, *m′*, dentées en hélice, et engrenant avec les vis sans fin *n* et *n′*. Une fourchette d'embrayage *f′*, que l'on manœuvre à la main, engage ou dégage l'une de ces roues, celle *m′*, pour permettre d'établir ou d'interrompre cette communication de mouvement. Les différentes gorges pratiquées sur la surface extérieure de cette poulie, ne sont pas complétement circulaires dans toute leur étendue, mais elles forment des portions excentrées dans certaines parties de leur longueur, comme on peut aisément en juger par le développement (fig. 4).

Dans chacune d'elles s'engage un mentonnet ou goujon cylindrique semblable à celui *l* ou à celui *l′* (fig. 1re), afin de faire osciller un levier correspondant aux instants voulus. Le premier piton ou mentonnet *l* fait

corps avec une tige verticale t, qui s'assemble par sa partie supérieure avec la grande fourchette U. Or, celle-ci oscillant par une extrémité sur les courtes bielles p, adaptées à la tête de la vis de rappel q (1), embrasse de l'autre bout la gorge de la douille V qui est solidaire avec le galet à friction V′, ajusté avec une clavette sur l'arbre vertical Q. Ce galet, garni à sa circonférence de rondelles de cuir de gutta-percha ou de caoutchouc, est en contact avec les deux plateaux ou disques parallèles en fonte X, montés sur les arbres de couche séparés x et x', afin d'en recevoir un mouvement de rotation en sens contraires. Ce mouvement leur est communiqué, comme on le voit sur le plan (fig. 2), par l'arbre moteur y, d'un côté au moyen du pignon droit Y et de la roue plus grande Z, et de l'autre au moyen des deux engrenages Y′ et Z′, et de l'intermédiaire Z^2 qui fait changer le sens de la rotation.

Ainsi, quand le galet se trouve au centre des plateaux, comme on l'a supposé sur le dessin, il ne transmet aucun mouvement à l'arbre vertical, et par suite au tambour; mais à mesure qu'il s'élève, entraîné par la fourchette U, il acquiert de la vitesse qui augmente d'autant plus qu'il s'approche de la circonférence extérieure des disques. Lorsqu'il est arrivé vers les bords de ces derniers, il atteint le maximum de vitesse, et s'y maintient pendant un certain temps (3, 4, à 5 minutes, par exemple), c'est-à-dire tant que la fourchette ne le fait pas descendre, ce qui a lieu pendant l'espace où la gorge g de la poulie à laquelle il correspond est parallèle à la base, et par conséquent n'est pas excentrée.

On conçoit sans peine que, lorsque l'appareil est en activité, la rotation de la poulie à gorge S fait de même changer successivement de place chacun des mentonnets qui y sont engagés; ainsi celui l', qui se trouve au-dessus du premier l, et traversé par la tringle verticale t', fonctionne également par une gorge g' pratiquée à la partie supérieure de la poulie. Lorsqu'il est soulevé, il force naturellement le levier à fourche U′ à monter, et par suite à élever avec lui le manchon vertical P′ qui porte le fond mobile P afin de fermer le tambour. Pour que cette opération se fasse dans un temps très-court, on comprend qu'il suffit de faire la partie excentrée de la gorge qui agit sur le pi:on l sur une étendue très-petite, c'est ce que l'on peut bien voir par le tracé (fig. 4), sur lequel on remarque que la courbe correspondante au goujon l qui agit sur la première fourchette d'embrayage U est plus allongée pour opérer dans un temps un peu plus long.

La même fig. 4 montre bien la disposition du mécanisme destiné à ouvrir et à fermer, aux instants voulus, les trois robinets E, E′, N. Il consiste aussi en autant de goujons l^2, l^3, l^4, qui s'engagent dans les gorges g^2, g^3, g^4 de la poulie S, et qui sont solidaires, les deux premiers, avec les équerres

(1) On règle également la hauteur exacte de ce point d'attache en faisant monter ou descendre la vis par le petit volant.

en fer s, s', et le troisième avec une équerre analogue s^2. Ces deux équerres s, s' se relient, par des tringles horizontales t^2, t^3, avec les leviers intermédiaires r', r^2. Ces derniers, montés sur des axes libres, se prolongent pour s'assembler par d'autres tiges parallèles q' et q^2, aux manettes p' et p^2, qui sont ajustées sur les clés mêmes des robinets. Il a été nécessaire d'appliquer cette double combinaison de tiges et de leviers pour, d'une part, augmenter l'amplitude du mouvement, et de l'autre, se placer convenablement, par rapport aux robinets. La troisième équerre s^2 se relie à la tringle horizontale t^4, qui se prolonge assez pour s'assembler par l'autre bout avec la partie inférieure du levier intermédiaire r^3, et de là communiquer son mouvement à une seconde bielle plus courte q^3 qui, par la manette p^3, fait tourner le robinet N. Les trois fig. 5, 6 et 7 contiennent l'amplitude du mouvement de chacun de ces robinets.

Enfin, on voit encore sur la fig. 4 le mécanisme appliqué aux registres distributeurs K, K' (fig. 1re). Il se compose également d'un goujon l^5 engagé dans la gorge g^3 de la poulie, et qui, par l'excentricité de celle-ci, fait osciller à propos l'équerre u', et par suite celle u^2 par la tringle intermédiaire v'. Cette seconde équerre u^2 communique par la tige verticale v^2 à la manette supérieure z', dont l'axe porte le petit balancier de fonte L, qui d'un bout se relie, comme on l'a vu, avec le registre K, et de l'autre avec celui K'.

De cette sorte, il y a donc une relation intime entre la marche intermittente de chacun des organes principaux de l'appareil, qui fonctionnent alors aux moments voulus, et produisent ainsi les résultats mentionnés plus haut, et cela avec une exactitude que l'on peut regarder comme mathématique, puisque tout est parfaitement coordonné, et dans des rapports très rigoureux.

Observation. — Pour compléter l'appareil, l'auteur applique au besoin une pompe d'alimentation A', qui aspire l'eau nécessaire d'un puits ou d'un bassin, et l'envoie dans le réservoir supérieur M. Cette pompe est d'une construction ordinaire à simple effet. La tige de son piston est attachée à une bielle en fer b' qui est suspendue au bouton d'un disque d' formant manivelle, et dont l'axe porte une roue dentée e' commandée par un pignon droit e^2 monté sur un arbre intermédiaire. A l'extrémité de ce dernier est une poulie f^2 commandée par une plus petite f^3 rapportée au bout de l'arbre moteur V. Tout le corps de la pompe repose, comme les colonnes C', sur la plaque d'assise C^3 qui reçoit en même temps toutes les parties fixes de l'appareil.

JEU ET TRAVAIL DE LA MACHINE.

Si l'on a bien suivi la description qui précède, on peut maintenant comprendre avec facilité tout le jeu de l'appareil.

Admettons que le tout étant disposé comme on le voit sur la fig. 1re, on

engage la courroie sur la poulie motrice P^2, qui est fixée à l'extrémité de l'arbre de couche y, afin de mettre cet arbre en marche, et avec lui les deux roues droites Z et Z′ qu'il porte. La rotation de celles-ci se transmet, mais avec une vitesse double, aux deux axes x et x', et par suite aux deux disques verticaux X, X′ qui tournent en sens contraire.

Pendant ce temps, la vis sans fin n', rapportée sur le même arbre y, communique son mouvement, mais alors en le retardant considérablement, à l'axe de la poulie cylindrique S, qui ne doit faire qu'une révolution sur elle-même en cinq minutes, soit 1/5 de tour par minute.

Seulement, comme la rainure ou la gorge excentrique g qui y est pratiquée pour agir sur le grand levier, est justement disposée de telle sorte qu'elle fait changer la position de son goujon l dans les premiers instants de la marche, il en résulte que le galet V′, qui est en contact avec les deux plateaux X et X′, et qui d'abord est immobile, ne tarde pas à s'élever et à recevoir de ceux-ci un mouvement rotatif qui augmente au fur et à mesure qu'il s'éloigne de leur centre.

L'arbre Q, et avec lui le tambour de la turbine, acquièrent bientôt leur maximum de vitesse, qui n'est pas moins de 1000 à 1200 tours par minute.

Quand ce tambour marche ainsi, il doit être rempli de blé, et son fond mobile P doit le fermer exactement à sa base, et le maintenir fermé jusqu'à ce que l'opération soit près de se terminer, ce qui a lieu lorsque la poulie S achève sa révolution entière. En ce moment, le levier à fourche U′ descend, entraîné par son goujon l' et la gorge correspondante g'; le fond mobile s'ouvre; par suite la turbine, dont la rotation s'est successivement ralentie, peut se décharger complétement. Tout le grain s'écoule alors par le bas, et tombe, comme on l'a vu, dans la trémie T′.

Or, pour qu'il n'y ait pas d'interruption dans le travail, il faut qu'il arrive dans le tambour, chaque fois qu'il s'est vidé, une nouvelle quantité de blé lavé. Il était donc nécessaire pour cela que tout le système de distribution et de lavage fût mis en rapport avec la marche de la turbine. C'est en effet ce qui a lieu, comme on a pu s'en rendre compte précédemment.

Pendant qu'un volume déterminé de grains se sèche dans le tambour, une quantité analogue se lave dans le tonneau A; et lorsque cette quantité sort de ce dernier pour se rendre à la turbine, une nouvelle quantité, préalablement descendue dans le mesureur I, est prête à se projeter dans le tonneau. Et comme il est essentiel, pour que l'opération du lavage soit complète, que l'eau soit renouvelée, il en vient, en effet, une nouvelle quantité en rapport avec celle du blé, chaque fois que le tonneau se vide. L'axe portant les branches C, qui doivent agiter la masse, est commandé directement par celui de la turbine au moyen des deux poulies P^3 et P^4.

On sait que lorsqu'on lave le blé, les parties les plus légères, telles que les pailles, les grains noirs ou pourris, le charançon, restent à la surface de

l'eau, tandis que le bon grain, qui est plus lourd, tombe vers le fond. C'est pourquoi l'agitateur qui se trouve dans le tonneau ralentit de vitesse vers la fin de l'opération, comme le tambour lui-même. Toutes les ordures et matières étrangères montant au niveau supérieur trouvent à s'échapper par le haut de la cuvette A'. Il en résulte que le blé qui se rend à la turbine n'est pas seulement lavé, mais en même temps dégagé de toutes ses impuretés.

On peut donc dire que, par une telle combinaison, si on s'est arrangé pour effectuer les opérations successives de la distribution, du lavage, du nettoyage et du séchage, en cinq ou six minutes, on aura obtenu dans un temps donné une quantité exacte de blé lavé, nettoyé et séché.

Ainsi, si on suppose que l'appareil soit construit pour opérer sur un hectolitre à la fois, et qu'il effectue son travail en cinq minutes, on saura que dans une heure il fournira 12 hectolitres.

M. Baron fils s'est entendu avec la maison Fontaine et Fromont, de Chartres, pour l'exécution de cette machine qui sera regardée, nous n'en doutons pas, comme un véritable perfectionnement apporté dans la meunerie et dans d'autres branches d'industrie. Nous comptons que les visiteurs pourront en voir une fonctionner à l'exposition universelle de 1855; nous sommes persuadé qu'elle y sera remarquée avec beaucoup d'intérêt.

Nous nous proposons de publier, dans le *Génie industriel*, le mémoire de MM. Millon et Mouren, sur les avantages du lavage et du séchage des blés.

SCIERIE MÉCANIQUE A DÉCOUPER OU A CHANTOURNER,

AVEC UNE LAME SANS FIN, DITE A RUBAN,

Par **M. PERRIN**, fabricant, à Paris.

Nous venons de visiter, dans le faubourg Saint-Antoine, à Paris, une fabrique fort intéressante, montée par un jeune homme intelligent, M. Perrin, qui a su rendre tout à fait pratique et manufacturier l'emploi de la lame à ruban, formant courroie sans fin, pour les scies à chantourner.

On se rappelle que nous avons publié, dans le ve volume, une scierie à lame sans fin pour débiter les madriers. M. Perrin a fait une application très-ingénieuse de cette lame pour découper toute espèce de bois courbe, dans les plus petites comme dans les plus grandes dimensions, en opérant avec une rapidité extrême et en réalisant, dans bien des cas, une économie notable sur les bois employés. Nous ne tarderons pas à relever les dessins de cette curieuse machine.

COMBUSTIBLES ARTIFICIELS.

PROCÉDÉS, MACHINES ET APPAREILS

EMPLOYÉS DANS CETTE FABRICATION.

Système de M. POPELIN-DUCARRE

MANUFACTURIER A PARIS;

Moyens mécaniques exécutés par M. DAVID,

INGÉNIEUR.

(PLANCHES 28, 29 ET 30.)

La fabrication des combustibles artificiels, qui depuis longtemps déjà a occupé un grand nombre d'inventeurs, prend aujourd'hui une extension considérable, malgré toutes les incertitudes, toutes les difficultés qu'elle a eu à vaincre. Entre les mains d'hommes persévérants, d'énergie et de volonté ferme, elle est devenue une industrie très-remarquable et véritablement florissante.

M. Popelin-Ducarre est, parmi ces hommes honorables, celui qui a le plus prospéré, après avoir, du reste, travaillé pendant plusieurs années à une suite d'expériences réitérées. L'établissement important qu'il a monté près de la barrière Fontainebleau, à Paris, constate qu'il a su, non-seulement trouver une combinaison simple et économique pour produire le charbon factice, que l'on connaît partout sous le nom de *Charbon de Paris*, mais encore appliquer des moyens mécaniques fort ingénieux pour fabriquer ce produit avec régularité et d'une manière très expéditive. Aussi, on sait qu'il arrive actuellement à fournir à une consommation journalière très-considérable.

C'est qu'il faut bien le reconnaître, malgré les préjugés, le mauvais vouloir qu'il lui a fallu surmonter chaque jour, cet habile fabricant a fini par prouver à tout le monde que son combustible est véritablement supérieur au charbon de bois que l'on employait jusque là, dans les cui-

sines, ou dans les fourneaux de petites dimensions, qu'il est d'un prix inférieur, et qu'il a le mérite de tenir beaucoup plus longtemps au foyer. Ayant en outre l'avantage de ne pas exhaler d'odeur, de ne pas dégager d'acide carbonique ou d'oxyde de carbone, il n'est pas malfaisant, et peut ainsi s'appliquer aux usages domestiques comme à un grand nombre de fabrications qui exigent l'emploi d'une chaleur égale et continue.

Un ingénieur aussi modeste que capable, M. David, ancien élève de l'École d'arts et métiers, et aujourd'hui à la tête d'un établissement de construction très-important qu'il dirige avec une grande habileté, a combiné pour cette industrie des appareils très-intéressants qui ne laissent rien à désirer sous le rapport de la perfection, et qui sont d'autant plus remarquables qu'ils peuvent s'appliquer à d'autres fabrications.

Avant de décrire ces machines et les procédés de M. Popelin-Ducarre, nous croyons qu'on ne lira pas sans quelque intérêt la notice historique que nous allons essayer de donner sur les charbons artificiels. On verra combien l'on s'est occupé de ce sujet depuis vingt-cinq à trente ans.

Nous devrons distinguer toutefois, dans cette question, deux genres de combustibles principaux, c'est-à-dire ceux qui sont destinés à remplacer le charbon de terre ou la houille proprement dite, et ceux qui doivent se substituer au charbon de bois. Les premiers sont particulièrement applicables aux grands foyers d'usines, tels que les *péras*, espèces de briques composées de houilles fines mélangées avec du goudron, et fortement comprimées à la presse; les seconds s'appliquent surtout aux foyers domestiques, et doivent par cela même ne produire aucune fumée, condition essentielle et en même temps très-difficile qui a fait échouer bien des inventeurs.

C'est principalement de ces derniers combustibles que nous traitons dans cet article, en décrivant les appareils qui ont été exécutés pour leur fabrication. Nous publierons dans une autre livraison les procédés et les machines proposés pour la confection des *péras*, qui ne laissent pas de prendre aussi une grande extension.

En donnant l'historique qui suit, nous n'avons pas la prétention de faire connaître *in extenso*, tous les privilèges qui ont été demandés et délivrés pour cette industrie, ce serait réellement trop long, et peut-être même fastidieux; nous avous cru devoir choisir, parmi le grand nombre, ceux qui paraissent présenter le plus d'intérêt, et en donner une description succincte. Nous décrirons nécessairement avec plus de détails les procédés de M. Popelin-Ducarre et de M. Félix Moreau, et après avoir montré leurs moyens mécaniques, nous terminerons notre travail par une liste générale des brevets pris en France de 1810 jusqu'à présent, pour tout ce qui concerne les combustibles artificiels ou les charbons factices. Une grande partie de ces brevets sont aujourd'hui dans le domaine public, les uns parce qu'ils sont expirés, les autres parce qu'ils sont déchus soit pour ne pas avoir ac-

quitté la taxe complétement, soit pour n'avoir point mis à exécution dans les délais fixés par la loi.

Parmi les substances qui ont été indiquées par les différents inventeurs pour la composition de ces charbons factices, désignés tantôt sous la dénomination de *nouveaux combustibles*, de *briquettes*, de *charbons artificiels*, tantôt sous la dénomination de *pâtes de bois*, de *charbons refaits*, de *carboléines*, de *charbons de Paris*, etc., on retrouve le plus souvent, surtout pour les combustibles qui doivent remplacer la braise et le charbon de bois, dans les ménages ou dans certaines industries, les matières suivantes :

La tourbe,

Le poussier de charbon, la sciure de bois,

Les débris de charbon de bois réduits en poudre,

Le goudron ou le *coaltar*,

Le brai liquide,

Le marc de raisin et autres.

Souvent aussi on remarque que les auteurs proposent d'ajouter dans leurs mélanges :

De la chaux et quelquefois de la terre glaise en petite quantité.

Il est évident que l'emploi de ces diverses matières dans la confection d'un charbon factice quelconque, est du domaine public ; aussi l'application, selon nous, n'en peut être brevetable aujourd'hui qu'autant qu'elle serait faite avec des procédés particuliers, ou qu'elle contiendrait des combinaisons spéciales non encore indiquées jusqu'à présent.

NOTICE HISTORIQUE SUR LES COMBUSTIBLES ARTIFICIELS.

L'idée de reconstituer un combustible factice, soit en briquettes, soit en rondins par la carbonisation ou sans la carbonisation, a été émise et matérialisée par plusieurs inventeurs depuis de longues années, ainsi qu'on peut en juger par les antériorités que nous rappelons ci-après.

En 1811, M. Burette obtient un brevet d'invention de dix ans pour la fabrication des briquettes, en mêlant des poussiers de charbon de terre, ou de charbon de bois, ou encore de la tourbe, à une substance collante végétale ou minérale, telle que la *farine commune*, les produits qu'on peut retirer des *lichens*, des *mousses*, et de toutes les substances autres que les terres ayant assez de ténacité pour réunir le même charbon sous forme solide (1).

On voit que le procédé de M. Burette consiste bien à faire un combustible artificiel au moyen des poussiers de charbon de terre ou de charbon de bois, mais l'introduction des matières végétales ou minérales comme substance collante sans la carbonisation, ne peut donner qu'un combustible produisant de la fumée, et ne pouvant servir que dans les cheminées et non dans les fourneaux de cuisine.

Le brevet obtenu en 1830 par M. Duparge (2), est dans le même cas. Il agglutine

(1) Voir le tome IX des *Brevets publiés*, page 258.
(2) Brevets expirés et publiés, tome XXXI, page 105.

le charbon de bois, le charbon de terre ou le coke par de la glaise, de la suie, du sang de bœuf, ou autres, du sel ammoniac et de l'eau, s'il s'agit de charbon de bois avec de la glaise. Il n'y a pas de fumée, il est vrai, mais cette dernière matière a l'inconvénient d'introduire des matières incombustibles et des cendres inutiles. S'il s'agit de la suie et de l'eau, il n'y a pas d'agglutination suffisante, et le combustible n'est pas assimilable au charbon de bois; s'il s'agit du sang de bœuf, le charbon factice produit de l'odeur et de la fumée, et ces deux inconvénients existent si le mélange a lieu avec des poussiers de houille ou du coke avec un liant quelconque; quant au sel ammoniac, comme il n'agglomère pas, on n'en peut comprendre l'utilité.

Dans le brevet de quinze ans, demandé en 1831 par M. Pouillot (1), l'inventeur prend des ronces, des genêts, des joncs marins, des herbes de toute espèce, feuilles, mousses des forêts, etc. Il carbonise ces matières, il pulvérise le charbon obtenu, il mouille cette poussière avec de l'eau dans laquelle on fait dissoudre et cuire des pommes de terre, et il comprime le mélange dans des moules. Il indique pour l'agglutination des poudres charbonneuses toutes les substances végétales; mais comme il ne carbonise pas le mélange, il a nécessairement des combustibles donnant de la fumée.

En 1833, MM. Ferrand et Marsais ont pris un brevet d'invention de dix ans (2) dans lequel ils appliquent la propriété collante du bitume, mais ils ne carbonisent pas, et ils n'emploient pas le poussier de charbon de bois, ils recomposent seulement les parties les plus ténues de la houille par le bitume bien liquide, ils mettent en moule et font sécher. Ils ne peuvent produire ainsi qu'un combustible analogue aux houilles grasses brûlant avec flamme et fumée.

M. Morin a pris en 1838 un brevet d'importation de dix ans pour la fabrication d'un nouveau combustible économique (3). L'auteur signale d'une manière générale l'emploi des végétaux, la poussière du charbon de bois, de la houille, et leur agglutination au moyen de terres argileuses ou de chaux.

La composition de son charbon est la suivante :

15 parties de sciure de bois,

62 parties 1/2 de menue houille,

22 parties 1/2 de terre glaise.

Si l'on ne prend que ce dernier mélange, on voit qu'on ne peut produire qu'un combustible avec odeur et fumée; si l'on prend la poussière de charbon de bois, il manque la carbonisation après le mélange de la matière agglutinante, pour en faire un produit analogue au charbon de bois.

En 1840, M. Parruitte s'est fait breveter (4) pour des bûchettes qu'il nomme *pâtes de bois*. Il prend de la bouse de vache, du poussier de charbon de bois, de houille ou de tourbe carbonisée, de la terre glaise, de la chaux vive, du soufre, le tout mouillé et ensuite moulé, puis séché au soleil.

Le *Journal des connaissances utiles* a parlé, en 1841, d'un combustible appelé *carboléine*, importé en France à cette époque par M. Weschniakoff, et qui se compose de charbon de terre ou de charbon de bois réduit en poudre, et amalgamé avec une suffisante quantité d'huile animale ou végétale. On soumet le mélange à une très-forte pression, il acquiert une grande dureté, et ne conserve que sept parties

(1) Tome XXXI des *Brevets publiés*, page 222.
(2) *Brevets publiés*, tome XXXII, page 252.
(3) *Brevets expirés*, tome LXVIII, page 419.
(4) *Brevets publiés*, tome XLIX, page 120.

d'huile pour cent de charbon, et l'inventeur prétend que la carboléine donne à poids égal cinq fois plus de chaleur que le charbon de terre ordinaire de la meilleure qualité.

Le 19 novembre 1841, M. Wurmser, qui paraît s'être beaucoup occupé de la composition des charbons artificiels, prit un premier brevet d'invention de quinze ans pour un mode de fabrication de charbon de bois, dit *charbon refait*.

« Le but que se propose l'inventeur, est de rétablir dans *sa forme première* le charbon réduit en poussier, et par là de lui rendre une partie de la valeur qu'il a perdue. »

Or, dans ce premier brevet, M. Wurmser indique bien son but, mais il n'indique pas les moyens qu'il emploie pour y parvenir.

Le 22 février 1842 il prit un brevet d'addition et de perfectionnement, où il s'agit encore de la reconstruction du charbon de bois réduit en poussier.

Il ne décrit pas, il est vrai, son procédé avec détails, mais il parle de la dessiccation et de la cuisson en vases clos et autres. Il emploie toutes sortes de matières propres à se carboniser par leur amalgame avec le poussier de charbon de bois, et il termine par cette phrase : « En résumé, la présente demande repose sur la reconstitution du charbon réduit en poussier par le mélange de toute matière quelconque carbonisable et sur la carbonisation de ces diverses matières ensemble ou séparément.

Il est peut-être bon de remarquer ici que les matières que l'inventeur mélange avec le poussier de charbon de bois ne sont pas préalablement carbonisées, et pour obtenir l'agglomération il emploie les argiles, les craies ou toutes autres matières propres à faciliter l'agrégation des molécules, mais qui par elles-mêmes ne sont pas carbonisables.

On trouve dans le *Journal des connaissances utiles* de mai 1842 :

« On réduit en poudre fine une certaine quantité de houille, de charbon de bois, de coke, etc., on la place dans un cuvier, et on y ajoute de l'huile, puis une eau bourbeuse obtenue par le mélange de 2 parties 1/2 d'eau avec une partie d'argile ou de terre marneuse ; enfin on en fait des briquettes, soit à la main, soit à la mécanique. Ces briquettes sont ensuite séchées graduellement par une chaleur artificielle, et ne tardent pas à devenir presque aussi dures que la pierre. Si l'on voulait rendre ce combustible capable de produire une chaleur encore plus intense, on emploierait du coke et de la houille auxquels on ajouterait non-seulement de l'huile, mais encore du goudron liquide. »

On voit que dans cette rédaction l'inventeur emploie du poussier de houille, ou du poussier de charbon de bois, et qu'il emploie aussi du goudron liquide pour l'agglutination des poussiers, mais il ne carbonise pas après le mélange, il ne fait qu'une dessiccation.

Le 28 juin 1842, M. Wurmser prend un nouveau brevet d'addition où il débute ainsi :

« Je n'ai point tardé à me convaincre que, tout en carbonisant en vase clos, les marcs, débris et rebuts, j'aurais un immense avantage à en recueillir les produits par la distillation afin d'obtenir en substances oléagineuses, résineuses ou pyroligneuses, de quoi me défrayer amplement de mes dépenses de combustibles et autres. »

Puis il ajoute :

« Je puis composer des mottes de toutes les formes et de toutes les qualités, en

associant les marcs, fécules et rebuts de toute espèce, soit avec le poussier de la tourbe, de la houille, du coke, de toute espèce de charbon, et résidus de l'extraction des gaz. »

Le 30 septembre de la même année 1842, un nouveau brevet d'addition est délivré à M. Wurmser pour ses procédés de moulage qui sont complétement décrits.

L'auteur dit qu'il débitera son charbon sous les formes les plus variées, par exemple, en *boudins*, et en fragments imitant et remplaçant, soit le charbon de bois ordinaire, soit les fragments de braise de boulanger. Il donne deux modèles de machine : l'une est une machine analogue à celle dont se servent les vermicelliers, l'autre est une presse à deux sommiers.

Ses procédés sont les suivants :

Pour donner de la cohésion aux molécules du poussier pilé ou non, il emploie soit de l'argile en diverses proportions selon les qualités de charbon qu'il veut produire, soit le produit à froid ou à chaud des différents marcs pilés ou non, parmi lesquels les marcs de féculeries, les marcs de raisin, etc.

S'il emploie l'argile, il introduit une matière non combustible et produisant inutilement des cendres.

S'il emploie des marcs, il produit de la fumée.

Pour prouver combien le moulage était dans la pensée de l'inventeur, il y revient encore, et il dit « qu'à l'aide de sa machine, il fait des bûches des tronçons de charbon dans des moules à la main, en fonte, poterie, et même en plâtre; ces moules sont en compartiments en boîtes à double fond, etc. »

Dans la même addition, l'inventeur décrit ainsi une autre espèce de charbon :

« En pétrissant le poussier avec une égale quantité, soit d'argile, soit de limaille de fer, ou de *poussier* de charbon de terre, ou de craie, ou d'ocre, ou de colthar, j'obtiens un excellent combustible pour l'alimentation des feux de forge de nos ateliers. »

Le 21 janvier 1843, MM. Wurmser et Fourchon demandèrent un brevet d'invention de quinze ans pour des procédés propres à convertir en charbons de toutes sortes et de toutes qualités tous les rebuts organiques des végétaux, des minéraux, etc., dit : *charbons Wurmser*.

On lit dans le brevet le passage suivant :

« Pour réduire les copeaux, débris ou éclats de bois en charbon compacte de toutes les formes et de toutes dimensions, on pourrait se contenter de soumettre à une compression suffisante une masse quelconque de ces débris, et faire carboniser ensuite le produit à la manière ordinaire. »

Dans la description du charbon avec les marcs de féculeries de pommes de terre et autres, l'emploi de la carbonisation après le mélange est ainsi expliqué :

« Après que le marc est pourri à l'air, on le comprime, puis on n'attend pas une dessiccation complète pour soumettre ces rondins, galettes, boules ou fragments, à la carbonisation en vase clos, ou au moyen du procédé des charbonniers, ce charbon brûle aussi vivement et aussi longtemps que l'autre sans odeur et sans fumée, et il ne diffère du charbon ordinaire que par l'absence des traces vasiculaires de ce ligneux qu'on remarque sur la coupe transversale d'une branche d'arbre carbonisée. »

Mais dans les deux procédés qui précèdent, les matières ligneuses ou tissus végétaux ne sont pas préalablement carbonisés, et produisent par conséquent un combustible léger.

Les descriptions qui suivent dans ledit brevet s'appliquent à des charbons qui donnent de la flamme et de la fumée pour la plupart.

Excepté celui-ci cependant :

« Nous transformons le poussier de charbon de bois en charbon compacte de la manière suivante, nous le broyons en poudre impalpable, le pétrissons avec *une proportion d'argile variable selon la qualité de ce charbon que nous voulons produire ;* cette pâte se moule dans un cylindre en boudins solides ou creux. »

Puis ils remplacent l'argile par des marcs, et alors ils produisent du charbon brûlant avec une certaine odeur de pain grillé, suivant l'expression des brevetés, mais ils ajoutent immédiatement :

« On peut le dépouiller de cette odeur, soit en mêlant la pâte, etc., soit en soumettant les produits à une légère carbonisation en vase clos. »

Et ils terminent en disant :

« En pétrissant la pâte de ce charbon avec des produits résineux, oléagineux, on lui communique une dureté bien plus grande, et il brûle avec une flamme fuligineuse et odorante qui est dans le cas de le faire rechercher dans certains arts et par certains goûts. On peut le parfumer avec des essences, etc. »

Le 17 octobre 1843, M. Warlich demanda un brevet d'importation de quinze ans pour des perfectionnements dans la préparation d'un combustible artificiel et dans la construction d'un appareil propre à fabriquer ce combustible destiné à différents usages.

« Au moyen de mon invention, dit l'auteur, je produis un combustible propre à différents usages. J'emploie du goudron ou de la poix de gaz, du goudron ou de la poix minérale, ou toute autre poix avec du charbon menu.

« Dans le cas où la fumée du charbon m'embarrasse, j'emploie encore du sel ordinaire ou de l'alun. »

Puis il donne les proportions de goudron, il moule le mélange, il comprime, et il dit :

« Je mets le combustible ainsi préparé et comprimé dans une retorte sans les moules, je fais chauffer la retorte graduellement jusqu'à environ 120 à 125 degrés centigrades ; je l'y laisse jusqu'à ce que les gaz impurs soient neutralisés ou expulsés, ce qui exige six heures et plus. Lorsque le combustible est assez dur, et que les gaz sont évaporés, on le retire de la retorte. Ce combustible est fait sans aucun mélange de matières terreuses. »

Ces procédés, qu'on le remarque, ne sont que des perfectionnements, ainsi que l'inventeur lui-même le fait observer, de procédés déjà connus, lesquels avaient pour but d'employer les poussiers de houille et de faire un combustible artificiel ; mais il faut remarquer que l'inventeur ne chauffe qu'à 120 ou 145 degrés, et qu'à cette température le plus grand nombre des carbures d'hydrogène restent dans le mélange, et doivent donner de la flamme et de la fumée dans son emploi.

En 1843, M. Gary de Faviez se fit aussi breveter (1) pour convertir les menus charbons en gros charbons ordinaires.

Son procédé consiste à mêler des charbons menus avec des braises, de la poix, des résines, des bitumes ou tout autre corps bitumineux. Les moules contenant le mélange sont exposés à une chaleur de 140 à 200 degrés, de manière à rendre le goudron et le bitume liquide, et à compléter l'assimilation des matières, après quoi

(1) *Brevets publiés*, tome LVIII, page 396.

on soumet les moules remplis de charbon échauffé à l'action d'une presse ordinaire ou hydraulique.

Dans la même année 1843, M. Kirckham prit également un brevet (1) pour un nouveau combustible, qui n'est autre qu'un mélange de sable fin, de poussier de charbon de bois, de poussier de houille grasse et de sulfate de fer en dissolution dans de l'eau ; on soumet à la pression dans des moules, et on fait sécher, etc.

M. Clerjon, breveté en 1844, emploie, comme M. Wurmser, des détritus de végétaux avec une matière gommeuse, de l'eau de tannin ou du persulfate de fer pour rendre le charbon insoluble dans l'eau. Il fait aussi usage d'un mélange de brai, de résine, de goudron, d'huiles ou d'autres résidus provenant de la fabrication des gaz ; mais tous ces mélanges sont seulement séchés à l'air.

De même, en 1844, M. Chenal (2) indique pour la fabrication de son charbon, la tourbe carbonisée, le charbon de bois, le coke, et comme agglutinants la gomme arabique, l'argile, la glu-marine, etc. ; on moule en boudins, on porte les moules dans une étuve à 60 degrés, mais il ne parle pas de carbonisation.

Le 19 avril 1845, M. Grandjean de Fouchy a pris un brevet d'invention ayant pour titre : *Procédé qui recompose les poussiers de charbon de terre*.

L'auteur réduit en poudre le charbon de terre, plonge cette poudre dans le goudron résidu du gaz, comprime et laisse sécher.

M. Grasset a demandé en 1847 un brevet assez incomplet, dans lequel il indique comme moyen d'agglomération l'eau et la houille, et un moulage quelconque ; il emploie souvent de l'eau de chaux. Mais la description est obscure et insuffisante, et il est probable que les procédés n'ont pas été exécutés pratiquement avec avantage.

Comme on le voit, un très-grand nombre d'inventeurs se sont occupés de la fabrication de combustibles factices.

Tous ont fait des mélanges ou combustibles plus ou moins charbonneux, plus ou moins bons, plus ou moins économiques ; les uns ont employé le poussier de houille, les autres le poussier de charbon de bois. L'agglutination a eu lieu très-généralement à l'aide de matières végétales non carbonisées avant le mélange ou avec des matières argileuses ; quelques-uns indiquent comme matière agglutinante le goudron ou les matières bitumineuses, mais ou ils chauffent à une température insuffisante pour carboniser, ou ils opèrent sur du poussier de houille ; le moulage est indiqué dans plusieurs brevets, la carbonisation est décrite dans la plupart, soit en introduisant les moules dans les fours, soit en carbonisant les charbons moulés sans les moules, *mais aucun ne donne la série des procédés, ni la composition précise des combustibles indiqués par MM. Popelin-Ducarre, et de ceux indiqués par MM. de Coutard et Moreau.*

Ce sont les procédés de ces fabricants que nous allons faire connaître, puis nous décrirons avec détails les appareils appliqués dans la fabrication.

(1) *Brevets publiés*, tome LXVIII, page 418.
(2) *Brevets publiés*, tome LXI, page 177.

EXPOSÉ DES PROCÉDÉS DE M. POPELIN-DUCARRE POUR LA FABRICATION DU CHARBON DE PARIS.

Le premier brevet de M. Popelin-Ducarre est du 4 août 1845.

L'auteur prend de la tannée qu'il mélange avec un quart de son poids de houille grasse en poudre ; il en fait une pâte solide en ajoutant une quantité suffisante de goudron de houille ou de toute autre substance carburée végétale ou minérale, telle que les bitumes, les résines, etc. ; on place cette pâte, soit dans des moules, soit dans des pots, et on la carbonise selon les procédés ordinaires, mais le mode le plus convenable est celui d'un four semblable à ceux qui servent à la carbonisation du noir animal. Après la première impression de chaleur, le gaz qui provient de la houille et du goudron s'enflamme et suffit ainsi à alimenter la chaleur nécessaire à la carbonisation ; dès qu'il ne se dégage plus de gaz à travers la fissure des pots, on ouvre les fours, et on obtient ainsi un produit que M. Popelin appelle *coke-charbon*.

Dans une première addition du 5 novembre 1845, M. Popelin-Ducarre remplace la tannée par la tourbe et ajoute une très-faible quantité de chaux vive.

Sa deuxième addition du 1er avril 1846 a pour but d'admettre le poussier de charbon de bois au nombre des substances ligneuses qu'on peut faire entrer dans le mélange déjà décrit dans le brevet principal du 4 août.

Le 6 février 1847, M. Popelin prend un nouveau brevet principal dans lequel il indique les mélanges suivants :

1° Goudron ou toute autre substance bitumineuse analogue ou carburée avec poussier de charbon de bois provenant, soit des déchets ou de la pulvérisation du charbon de bois, soit de la carbonisation de la tannée ou de toute autre substance ligneuse ;

2° Goudron ou autre substance analogue, poussier de coke et poussier de charbon de bois comme précédemment ;

3° Goudron et déchets de nouveaux charbons obtenus ;

4° Carbonisation de la tannée avec une faible partie de houille et de goudron, addition de goudron, du poussier ainsi obtenu, puis moulage et carbonisation en vase clos.

Et le 22 mai suivant, il indique :

1° Pulvérisation des débris, poussiers ou escarbilles de coke, cette matière pulvérisée est humectée de goudron, de houille ou de toute autre substance carburée, résineuse ou bitumineuse sans autre matière.

Le goudron n'entre dans le mélange qu'en quantité suffisante pour former un corps pâteux propre à être mouillé après le moulage, carbonisation en vase clos.

2° Traitement de la même manière de la tourbe, du poussier de tourbe carbonisée ;

3° Emploi simultané et en quantité égale des substances, le coke et la tourbe.

M. Popelin-Ducarre a pris un brevet spécial pour ses appareils de fabrication, à la date du 1er août 1846.

EXPOSÉ DES PROCÉDÉS DE M. FÉLIX MOREAU.

Le premier brevet de M. Moreau date du 29 août 1846; ce brevet est accompagné de trois certificats d'addition. Le 12 juin 1850, il prit un nouveau brevet primitif. Cet inventeur prend de la houille fine destinée à faire faire corps au mélange par l'action de la chaleur; il ajoute des poussiers ou matières menues, et il met le mélange dans des gazettes coniques; il le tasse et le recouvre d'un couvercle percé de trous, puis il carbonise en recueillant les produits de la combustion.

Il emploie aussi de la colle pour l'agglomération.

Il ajoute une bouillie d'argile.

Il remplace aussi la houille par le brai de goudron pulvérisé (braisée).

Il ajoute souvent à ses mélanges du péroxyde de manganèse ou des sels provenant des substances ayant de l'affinité avec l'oxygène.

Dans son addition du 29 juillet 1850, il dit qu'il met les poussières bien pulvérisées et bien mélangées dans des gazettes en fonte coniques ou bien dans des tubes de tôle évasés, fermés par le petit bout, qu'il place perpendiculairement dans des boîtes en fonte à claire-voie et le gros bout en dessus, et qu'il bouche avec un petit tampon qu'il presse sur le mélange, mais en laissant le libre passage au gaz.

Il emploie la tourbe, les sciures, les écorces et les copeaux de bois, la tannée, les marcs, les broussailles, les broutilles, etc.; il leur fait subir la carbonisation en vases clos ou bien la distillation dans une cornue en utilisant les gaz.

Et dans une autre addition du 1er mars 1851, il emploie toutes les matières combustibles carbonisées, non collantes, à l'état de poudre impalpable qu'il constitue en un tout homogène solide par les moyens suivants :

Il mélange de ces poudres avec des matières combustibles friables, fusibles, collantes, telles que la houille dure, grasse, collante, les matières bitumineuses, ou avec toutes autres matières collantes, minérales, végétales ou animales pulvérulentes.

Il comprime et tasse le mélange dans des tubes ayant de petites ouvertures au pourtour pour donner issue aux gaz; puis il maintient le tampon au moyen d'une chevillette en fer.

Le mélange est employé à sec, la carbonisation a lieu; le retrait de la matière qui s'opère alors dans les tubes permet de retirer les pièces moulées.

Il enflamme les gaz par l'introduction de l'air neuf et indique l'emploi des deux fours.

Ce que l'inventeur appelle la première classe de ses produits se compose de deux qualités :

La première qualité se compose d'une égale quantité en volume de houille grasse ou d'autres matières collantes et de marc de raisin exclusivement carbonisés et moulus en poudre impalpable.

La deuxième qualité se fait au moyen d'une égale quantité des mêmes poudres collantes et de végétaux carbonisés et moulus en poudre impalpable.

La troisième classe des produits a la même composition, si ce n'est qu'au lieu de végétaux il emploie des combustibles fossiles carbonisés.

« Tous ces procédés, dit l'inventeur, sont basés sur les propriétés qu'a la houille de se ramollir et de se coller sous l'action de la chaleur. En raison de l'excès de l'hydrogène sur l'oxygène, les grains de poudre collante fusent entre les interstices des grains non collants, s'y attachent, et forment ensemble un corps solide. »

Il applique cette propriété à la constitution des matières menues non combustibles, telles que le plâtre, l'argile et toutes les matières terreuses, et les matières collantes qu'il emploie sont le braisé, la résine, l'arcanson, le galipot, etc.

Il indique encore l'emploi de la mélasse, et par économie il indique le procédé suivant :

On ajoute aux poussières qu'on veut agglomérer une bouillie de tourbe noire, ou bien de l'eau bourbeuse des tourbières, ou enfin une bouillie faite avec du terreau à l'état de pâte ; il moule, il fait sécher et il soumet le produit à la carbonisation dans des gazettes ou par tout autre moyen connu.

Dans sa troisième addition demandée à la date du 23 avril 1851, M. Moreau emploie un mélange avec les matières ligneuses carbonisées du lait de chaux éteinte avec de l'eau acidulée, avec du vinaigre de bois, il ajoute de la mélasse ou toute autre matière sirupeuse ; il ajoute encore de la potasse caustique, et il fait le mélange dans des tonneaux à mortier ou des roues verticales à râteaux comme dans les huileries. Il a ainsi un combustible flambant.

Il obtient un résultat à un plus haut degré en faisant absorber au produit de l'eau acidulée d'acide hydrochlorique. Enfin il indique la substitution du lait de chaux avec environ un centième d'argile plastique.

Pour l'appareil à mouler le mélange, il indique d'abord les vis, les machines à emboutir, puis une autre machine composée d'un tube métallique fixé solidement dans un plan horizontal ; il fait passer la matière par ce tube au moyen d'un piston auquel il imprime un mouvement de va-et-vient par un axe coudé.

Pour carboniser, on met les bouts moulés dans des récipients de métal ; on les couvre de sable ou d'une matière pulvérulente quelconque.

Par son addition du 8 mai 1851, il opère par la voie humide ; il moule le mélange au moyen d'une addition d'eau ou d'une substance ou préparation visqueuse quelconque, autre que le goudron (la mélasse convient

bien); il emploie même cette dernière substance sans autre matière collante.

Quant aux appareils de carbonisation, s'il opère par la voie sèche, il protége les tubes de l'oxydation en les plaçant dans des plateaux ou en les recouvrant de sable; s'il opère sur des charbons moulés, il les soumet à l'action de la chaleur dans des plateaux ou autres récipients, et il les couvre par le même moyen,

M. Moreau donne le résumé de ses procédés de la manière suivante :

1° Brai sec en poudre, ou houille de chaux, ou matière bitumineuse aussi en poudre, mélangée avec les menus combustibles, puis tassement dans les tubes et carbonisation ;

2° Addition d'eau qui donne les moyens de mouler, puis mélange avec une des matières qui précèdent pour faire liant, et fusion au feu.

« Les caractères distinctifs de ma fabrication, dit l'inventeur dans sa dernière addition du 21 octobre 1851, sont les suivants :

« 1° Le mélange sous forme pulvérulente ;

« 2° Le travail à sec;

« 3° Le mouillage indépendant du mélange, ce qui n'entraîne aucune dépense pour le liquide d'empâtage, ce qui permet une évaporation facile et prompte, l'emploi d'une très-minime quantité de matière agglutinative et dont l'achat premier est moins coûteux, ce qui procure une carbonisation ou une distillation plus prompte ».

DESCRIPTION DES APPAREILS DE M. POPELIN-DUCARRE, REPRÉSENTÉS SUR LES PL. 28 ET 29.

Les divers appareils proposés par M. Popelin-Ducarre, pour la fabrication de son charbon de Paris, ont été l'objet d'un brevet d'invention spécial, qu'il a demandé le 1er août 1846, sous le titre de :

« Machine propre à la fabrication du charbon artificiel dit charbon de Paris. »

Ces appareils comprennent :

1° Une machine à concasser et à laminer le charbon, représentée sur les fig. 1re et 2e du dessin pl. 29;

2° Un appareil à mélanger, qui est à la fois mélangeur, distributeur et broyeur, dessiné sur les fig. 1 à 4 de la pl. 28;

3° Une machine à mouler les substances mélangées, leur donnant la forme cylindrique analogue à celle de charbon de bois ordinaire, et représentée sur les fig. 5 à 8 de la même pl. 28;

4° Une autre machine à mouler, par l'application de la vis d'Archimède, indiquée sur les fig. 9, 10 et 11;

5° Des fours de carbonisation, avec chariots et chemin de fer, pour carboniser les charbons moulés, représentés sur les fig. 3 à 7 de la pl. 29.

Plusieurs de ces appareils ne sont pas seulement applicables à la fabri-

cation du charbon artificiel, mais encore à d'autres branches d'industrie. Aussi nous croyons qu'ils présenteront, par cela même, à nos lecteurs, un double intérêt.

Les avantages principaux que l'on peut généralement en tirer, sont :

1° D'obtenir une fabrication considérable et prompte par des moyens très-simples et d'éviter ainsi presque toute main-d'œuvre ;

2° Le mécanisme de chacune des machines, disposé de telle sorte que, distribuant les substances à leur état de matière brute dans les trémies du mélangeur, elles sortent du mouleur à l'état de charbon non carbonisé sans autre main-d'œuvre que leur propre fonctionnement ;

3° Une grande facilité de manœuvre pour la carbonisation des charbons, en raison de la bonne disposition des fours et de l'application du chariot roulant sur un chemin de fer.

L'importante usine montée à Paris, par M. Popelin, lui a valu les plus hautes récompenses, soit aux expositions industrielles, soit des sociétés savantes. Si, comme beaucoup d'inventeurs, il a éprouvé des difficultés de toute sorte, dans l'origine de son établissement, il est du moins aujourd'hui largement dédommagé (ce qui est bien rare) par la faveur méritée que le public accorde à ses produits.

Appareil concasseur (pl. 29). — Cette machine représentée en coupe verticale (fig. 1re) et en section horizontale (fig. 2), se compose de deux paires de cylindres superposés, dont une paire, celle supérieure, sert à concasser les matières, et la seconde, celle inférieure, à les laminer, pour les réduire en poudre.

Ainsi le charbon est versé dans la trémie en tôle A, puis concassé par le mouvement de rotation des deux cylindres B et B′, lesquels sont armés sur toute leur surface extérieure de petits cônes aigus dits *pointes de diamant b*, qui engrènent les uns dans les autres. Ils versent ensuite la matière concassée dans la trémie A′ des cylindres inférieurs C C′, lesquels la réduisent en poussière.

Deux bâtis latéraux en fonte D fixés sur un châssis en bois portent les paliers D′ des axes des cylindres, ceux de l'arbre de commande E et de l'arbre intermédiaire de transmission F.

La commande des cylindres lisses C a lieu par un pignon E′ fixé sur l'arbre E, lequel porte les deux poulies P P′ et le volant V.

Ce pignon transmet son mouvement à la roue R, fixée sur l'arbre du cylindre C, lequel imprime son mouvement rotatif dans le rapport de 1 : 4, au cylindre C′ par l'intermédiaire des deux engrenages droits *f* et *g*.

Le mouvement du second cylindre C′ est transmis au cylindre concasseur B′ par l'intermédiaire de trois roues droites d'égal diamètre, dont l'une, rapportée sur le bout de l'arbre du cylindre C′, l'autre F′ montée sur l'arbre intermédiaire F, et enfin la troisième G fixée à l'extrémité de l'arbre du cylindre concasseur B′. Deux roues d'engrenage d'égal diamètre H H′ transmettent le mouvement de ce cylindre B′ à son voisin B.

Cet appareil peut être employé non-seulement comme laminoir à charbon, mais encore comme broyeur des substances ligneuses mélangées, et comme mouleur ; en admettant des moules placés à la partie inférieure des cylindres lisses C C′, la matière serait naturellement refoulée dans ces moules par la pression même de ces cylindres.

Suivant M. Payen, qui s'est beaucoup occupé de cette industrie, comme rapporteur, une force de trois chevaux suffit au broyage de 300 hectolitres par vingt-quatre heures. Les matières charbonneuses sont humectées avec 8 à 12 centièmes d'eau.

Appareil mélangeur (pl. 28). — Cet appareil, qui est particulièrement destiné à mélanger la poudre de charbon avec le goudron ou autre substance agglutinante, se compose de deux longues cuves en tôle, de forme cylindrique, et dans lesquelles se meuvent des palettes à surface hélicoïde qui agitent les matières.

Il est représenté : sur la fig. 1re en élévation ou coupe longitudinale;

Sur les fig. 2 et 3, en vue de bout de la première cuve et coupe transversale de la deuxième ;

Et sur la fig. 4, en plan général vu en dessus de deux cuves.

Quand on veut faire le mélange de la tannée ou autre substance ligneuse avec le charbon réduit en poudre, comme M. Popelin l'a proposé dans un de ses brevets, on surmonte l'appareil de deux paires de cylindres cannelés que l'on dispose sur un plan horizontal, et ces cylindres sont alimentés par une trémie spéciale.

Ainsi le charbon préalablement versé dans une auge par les cylindres laminoirs du concasseur précédent est amené à l'état de poussière dans la première trémie A′, au moyen d'une chaîne à godet; de cette trémie il se déverse naturellement entre les deux premiers cylindres distributeurs C C′.

La tannée ou substance ligneuse est transvasée dans la seconde trémie A^2, au moyen d'un chariot à bascule roulant sur un chemin de fer incliné, et de cette trémie elle tombe entre les deux autres cylindres D D′, qui sont également cannelés.

Un robinet règle l'introduction du goudron à la tête de la première cuve cylindrique A, au moment même où les deux premières substances sont distribuées dans cette cuve par la rotation des deux paires de cylindres.

Les trois substances versées dans cette première cuve sont mélangées par une série de palettes en tôle *f* contournées en forme d'hélices, et qui sont armées chacune de broches coniques en fer *f′*.

Ces palettes, montées toutes sur un axe horizontal en fer Q, ont pour effet, en tournant intérieurement dans la cuve, de mélanger parfaitement les matières et de leur faire parcourir toute la longueur de la cuve pour les transvaser dans l'appareil broyeur proprement dit.

Celui-ci est composé de deux cylindres H H′, cannelées comme les précédents, et qui, par leur mouvement rotatif, pressent, compriment et

broient la matière sans la mettre en poudre et la font tomber dans une seconde cuve K, de même construction que la première.

Cette seconde cuve a pour but de mélanger une seconde fois et à cœur les substances passées aux cylindres broyeurs et de les faire arriver à l'autre extrémité de l'appareil.

Une large poulie fixée au bout de l'arbre des palettes porte une chaîne à godets, pour enlever la matière et la verser dans la trémie de la machine à mouler.

Le mouvement de rotation est communiqué à l'axe Q par un pignon droit N ajusté sur l'arbre moteur N′ qui porte une poulie fixe M et une poulie folle M′. Ce pignon engrène avec la roue droite O fixée sur l'arbre des palettes en dehors de la cuve et du support de fonte S. L'arbre Q est carré et toutes les palettes qu'il porte y sont retenues par des vis de pression. Il est supporté par quatre chaises à coussinet reliées aux supports S′ de la cuve.

Le mouvement rotatif est aussi communiqué au cylindre distributeur D′ par un pignon D^2 qui est solidaire avec la poulie D^3 ajustée comme lui sur l'arbre du cylindre D. Ce pignon engrène avec la roue D^4 montée à l'extrémité de l'axe du cylindre D′. Deux engrenages de même diamètre T T′ fixés sur chacun des arbres des cylindres D D′ transmettent le mouvement de l'un à l'autre.

Un mouvement pareil opère la rotation des cylindres distributeurs C C′.

Les axes de ces quatre cylindres reposent sur des paliers P qui sont boulonnés et clavetés sur des semelles P′ reliées aux supports S S′.

Le mouvement imprimé aux cylindres broyeurs H H′ ne diffère de celui des cylindres distributeurs D D′ qu'en ce que les engrenages intermédiaires H^2 H^3 transmettant le mouvement de rotation de l'un à l'autre, sont dans le rapport de 1 : 3, de sorte que le cylindre H′ tourne trois fois plus vite que le cylindre H, et par cet effet arrache la matière en la comprimant.

Les axes de ces deux cylindres reposent sur des paliers V reliés et clavetés aux semelles V′, lesquelles sont fixées sur des pièces de bois que supportent les chaises S^2 des cuves.

Une sorte de crampon ou de peigne X, solidaire à la cuve, fait office de peigne et dégorge les broches coniques *f*′. Il y en a un semblable pour chacune des palettes.

Avec le système de mélangeur à roues obliques, comme celui représenté sur la fig. 11 de la pl. 28, et qui, quoique non compris dans son brevet, est employé par M. Popelin, on peut mélanger, dit M. Payen, 300 hectolitres de charbon et de goudron en vingt-quatre heures, en ne dépensant que la force d'un cheval.

Le mélange se compose habituellement de 33 à 40 litres de goudron pour 100 kilogr. de charbon.

MACHINES A MOULER (pl. 28). — M. Popelin Ducarre a fait breveter deux genres de *mouleurs* pour la fabrication de son charbon factice; l'un

de ces appareils repose sur l'emploi de pistons cylindriques glissant dans des matrices de même forme, pour comprimer la matière et la refouler en boudins plus ou moins allongés.

L'autre a pour agent principal une vis sans fin à filets allongés, ayant pour objet de conduire la matière dans une matrice conique, où elle la comprime et la fait sortir de même en boudins cylindriques.

La première de ces machines est représentée sur quatre vues différentes, savoir :

Sur la fig. 5, en élévation vue moitié en coupe longitudinale et moitié vue extérieure.

Sur la fig. 6, en coupe transversale faite vers le milieu.

Sur la fig. 7, en plan général vu moitié en coupe, suivant les moules, et moitié extérieurement; et sur la fig. 8, suivant une portion de section longitudinale, dans l'hypothèse des pistons descendus.

Il est aisé de comprendre, par ces figures, la construction et le travail de cette machine.

Ainsi la matière sortant de la dernière cuve des mélangeurs est enlevée, comme nous l'avons dit plus haut, au moyen d'une chaîne à godets et transvasée dans la trémie à charnière A, qui est disposée pour que les deux côtés latéraux puissent se rapprocher ou s'éloigner, comme le montre la fig. 6.

L'appareil se compose d'une longue traverse ou longrine en fonte B, qui porte à égale distance, et sur deux rangs parallèles, douze pistons ou bourreurs verticaux C et quatorze débourreurs D; ceux-ci, plus longs que les pistons, sont exactement cylindriques sur toute leur longueur, tandis que les bourreurs se terminent par une embase plus large. Ils reçoivent, du reste, les uns et les autres, un mouvement alternatif ascendant et descendant par les deux roues droites E placées à chaque extrémité de la manivelle et portant des boutons de manivelles *e*. Ces roues sont commandées par deux pignons égaux *f* rapportés vers les extrémités de l'arbre de couche en fer *g*, lequel porte les deux poulies Q' et Q^2.

Deux bielles G communiquent des boutons de manivelles aux tourillons *b* de la grande traverse B, et transforment ainsi le mouvement de rotation continu imprimé aux roues dentées en mouvement rectiligne. Il en résulte que les bourreurs C, dans leur marche descensionnelle, refoulent la matière contenue dans la trémie A jusque vers le fond des poches *h*, pratiquées dans le fort sommier de fonte H, qui se trouve directement placé sous la trémie. Ces poches sont coniques à leur partie inférieure, afin de ménager l'entrée et la compression de la matière dans les moules cylindriques *i* et *i'* pratiqués à égale distance dans toute l'épaisseur de la pièce mobile en fonte I qu'il est nécessaire de déplacer, pendant le travail, à chaque moulage proprement dit. Ce déplacement s'effectue à l'aide d'un excentrique horizontal J disposé à l'une des extrémités.

Ainsi, lorsque la matière est refoulée dans la première rangée de moules *i*, par exemple, et que par suite, par leur mouvement ascendant,

les débourreurs sont dégagés des moules i', l'excentrique J déplace toute la pièce de fonte I, de telle sorte que les ouvertures i qui sont remplies se présentent en i' c'est-à-dire à l'action des débourreurs, et réciproquement les orifices i' se présentent en i à l'action des bourreurs.

Le mouvement de rotation est transmis à l'excentrique J par les engrenages d'angle J' et J^2 qui sont établis dans le rapport inverse de 1 : 2. Le pignon d'angle J' est fondu avec une sorte de disque afin de recevoir son mouvement par la soie ou le bouton e de la roue droite E, avec laquelle il doit se relier.

Quatre colonnes verticales en fonte K K' réunies par les entretoises k et k' servent de guides à la traverse mobile B qui porte les pistons et les débourreurs en même temps qu'ils relient le sommier H, de manière à ne former qu'un seul corps avec le bâti inférieur M, qui est aussi en fonte et qui supporte ainsi tout le système mécanique.

Ce bâti M porte les paliers S de l'axe des deux roues droites, et de plus les paliers S' de l'arbre du pignon qui les commande. A ses quatre angles reposent justement les socles des quatre colonnes K, lesquels socles sont fondus avec la semelle horizontale L, qui fait l'office de buttoir sous les moules en présentant des parties pleines directement au-dessous des pistons bourreurs, et au contraire des parties évidées sous les débourreurs.

Sur cette semelle de fonte L glisse, comme on vient de le voir, le porte-moules qui reçoit son mouvement de va-et-vient très-lent de l'excentrique. On introduit si l'on veut de la vapeur dans les parties inférieures et fermées l de ce porte-moules, afin d'en chauffer les parois et d'éviter l'adhérence du goudron sur les parois intérieures des moules.

Cette ingénieuse machine, de la composition de M. David, est desservie par des femmes ou des jeunes gens, qui n'ont qu'à présenter sous la semelle fixe L des planchettes sur lesquelles tombent les boudins au fur et à mesure qu'ils sortent des moules i, chassés par les débourreurs.

On comprend que par cela même que l'on opère sur 12 moules à la fois, on reçoit à chaque coup, c'est-à-dire à chaque révolution des engrenages droits E, 12 boudins ou petits cylindres de charbon composé. Par conséquent, en admettant que l'on fasse seulement 20 tours par minute,

c'est $12 \times 20 \times 60 = 14{,}400$ boudins par heure,
soit $14{,}400 \times 10 = 144{,}000$ par journée de 10 heures

que l'on peut produire avec cette seule machine, en supposant qu'il n'y ait pas de moment d'arrêt.

Selon le rapport de M. Payen, une machine simple qui comprime 4 cylindres et en démoule 4 autres, produit, avec 1 homme, 4 femmes et la puissance de 6 chevaux, environ 150 hectol. de ces boudins en un jour de travail.

La seconde machine à mouler de M. Popelin Ducarre, pour donner aux substances mélangées la forme du charbon de bois, et qui repose sur l'application de la vis d'Archimède, est représentée en coupe longitudinale

faite par l'axe sur la fig. 9, en coupe transversale sur la fig. 10, et en vue extérieure par le bout du côté du moule fig. 11.

Cette machine, qui est aussi de M. David, repose sur le même principe que celle à mouler le chocolat en usage dans l'établissement de M. Devinck, à Paris.

La matière sortant des mélangeurs précédents (fig. 1 et 2) est versée dans la trémie en fonte A, qui la distribue dans l'intérieur du cylindre B alésé dans toute sa longueur et terminé par un tronc de cône B′ qui est alésé également.

Sur la bride ménagée à la plus petite base de ce tronc de cône est boulonné un moule en fonte C, de forme cylindrique intérieure et à double enveloppe, afin de pouvoir être chauffé au besoin par un courant de vapeur ou d'eau chaude.

Dans le grand cylindre B est ajustée une vis sans fin H, dite vis d'Archimède, en tôle, de 0^m 015 de pas, qui, par le mouvement rotatif que lui transmet la roue dentée D, commandée par le pignon D′, a pour effet de refouler la matière à mesure qu'elle sort de la trémie, et de la comprimer dans le moule C.

Un excentrique circulaire E fixé au bout de l'arbre du pignon D′ fait mouvoir une valve en tôle V glissant à l'extrémité du moule, et qui, dans sa marche alternative devant ce moule, coupe les boudins de longueur, au fur et à mesure qu'ils fuient au dehors.

Le noyau de la vis est creux, afin de permettre d'y introduire de la vapeur que l'on y fait arriver par le tuyau à stuffing-box K, ainsi que dans l'enveloppe du moule. Ce chauffage a pour but d'éviter l'adhérence du goudron sur les parois de la vis du cylindre et du moule.

On comprend sans doute qu'avec une telle machine, qui est d'une construction très-simple, on ne peut produire autant qu'avec la précédente. Cependant, en faisant tourner la vis à une vitesse de 50 révolutions par minute, comme à chaque tour on peut obtenir un boudin de 0^m 12, longueur du pas, le travail obtenu par heure sera de

$$50 \times 60 = 3{,}000,$$

soit $3{,}000 \times 10 = 30{,}000$ boudins par journée de 10 heures.

Ainsi, avec cinq machines semblables, on produirait 150,000 boudins de 0^m 12 de longueur par jour.

Les cylindres ou boudins en pâte moulée sont exposés pendant trente-six à quarante-huit heures dans un endroit aéré, afin de prendre plus de consistance par une première dessiccation.

Fours de carbonisation (pl. 29). — M. Popelin a été successivement amené à construire différentes dispositions de fours pour carboniser ses boudins de charbon factice. Nous décrirons les deux principales, qui paraissent réunir toutes les conditions les plus favorables pour une carbonisation régulière et économique.

La première, composée de quatre fours, est représentée sur les fig. 3 et 4 du dessin pl. 29. Elle se distingue par l'application de chariots mobiles portant les creusets pleins de boudins et roulant sur une voie ferrée.

Le charbon sortant des machines à mouler est mis dans des pots en terre cuite A, que nous appelons *creusets* et que l'on charge sur plusieurs rangs, en quantité suffisante, sur la paillasse mobile ou le chariot proprement dit C, lequel chariot est introduit dans le four par un chemin de fer D.

Le four étant clos, c'est-à-dire la porte K′ étant baissée et lutée avec soin, on chauffe toute la masse de ces pots en chargeant la grille G. Les gaz provenant de la carbonisation s'échappent par les orifices O, qui communiquent par un grand canal O′, à une cheminée d'appel commune à tous les fours.

M. Popelin a pensé qu'une partie de ces gaz enflammés dirigée dans les canaux d'une chaudière à vapeur, est plus que suffisante pour chauffer celle-ci et produire la vapeur nécessaire à la mise en mouvement de la machine qui fait fonctionner les appareils précédents sans aucun autre emploi de combustible.

Lorsque la carbonisation est effectuée, on lève la porte K′ du four, et, sortant le chariot C, on l'amène sur la plate-forme d'un second chariot X, qui est situé dans un plan inférieur et qui roule sur une deuxième voie ferrée P perpendiculaire à celle des fours. Ce second chariot, chargé du premier, vient le présenter sur un chemin de sortie appliqué vers le bout de l'atelier où s'effectue l'opération de dépotage.

Chaque four a un chariot semblable au premier avec son chemin de fer correspondant. Le second chariot X, circulant sur la voie de fer P, est commun à tous les fours et remplace les plaques tournantes. De cette sorte le service est extrêmement facile et peut s'effectuer très-rapidement.

On voit que l'auteur a cherché à réunir, dans cette opération de la carbonisation des boudins, les deux points importants suivants :

1° L'application de la paillasse mobile ou du chariot proprement dit C, qui permet d'entrer et de sortir du four 8 à 10 hectolitres de charbon moulé par chaque charge, avec le secours du chemin de fer qui n'offre presque pas de résistance ;

2° La facilité de transporter ces chariots, en sortant des fours, jusqu'au dehors de l'atelier de carbonisation, sans encombrement, au moyen d'un chariot additionnel X, qui se meut dans une direction perpendiculaire.

Chaque chariot C est monté sur six roues ou galets C′, dont les essieux sont adaptés aux armatures mêmes qui les garnissent. Il est disposé de telle sorte que la flamme du foyer G et celle provenant de la carbonisation ne peuvent atteindre les armatures ni les galets.

La seconde disposition de four, proposée par M. Popelin Ducarre, est représentée sur les fig. 5, 6 et 7 de la pl, 29 ; on la trouve tout entière décrite dans l'ouvrage de M. Payen (1).

(1) *Précis de Chimie industrielle*, 2e édition. — 1851.

Elle consiste en des moufles doubles M, de 0m 11 d'épaisseur, construites en briques, et chauffées par un foyer B. Les produits de la combustion enveloppent ces moufles en circulant entre elles et derrière dans les carneaux C et D, reviennent en avant dans les carneaux E, puis se rendent par des ouvreaux *f*, et des conduits inférieurs *g*, dans une cheminée traînante commune, derrière le four, qui les dirige vers un générateur, afin d'utiliser encore la chaleur qu'ils emportent.

Les cylindres de charbon, moulés et séchés, ayant 0m 12 de long et 0m 04 de diamètre (*c c'*, fig. 7) sont rangés verticalement sur deux hauteurs dans des caisses en terre cuite ou dans des vases cylindriques en fonte A. Ces caisses ou vases, au nombre de 24, sont placés sur des chariots *j*; on en superpose trois rangées et l'on enfourne toute la charge des vases à l'aide d'un petit chemin de fer dont les derniers rails mobiles viennent aboutir aux rails fixés sur la sole de chaque moufle (1).

Une porte en fonte K, doublée de briques, ferme toute la devanture de chaque moufle; on lute les joints avec de l'argile et l'on allume le feu (entre la porte et les vases, on peut construire en larges briques sèches un mur *l* qui garde la chaleur et qu'on démolit en quelques minutes au moment de vider les moufles).

Bientôt ce qui reste d'eau dans les cylindres moulés se dégage en vapeurs par les petits ouvreaux *n*, puis une partie des carbures d'hydrogène de goudron déposent une certaine quantité de leur carbone dans les interstices des cylindres de charbon ; la vapeur exhalée de ces carbures se dégage à son tour par les ouvreaux *n*; les parois extérieures des moufles étant chauffées au rouge, on comprend que ces produits, en sortant des moufles par les petits carneaux, s'enflamment; des prises d'air extérieur *m* (fig. 5), modérées par un fragment de brique, amènent l'air qui s'échauffe un peu en passant dans la maçonnerie, et qui alimente cette combustion. La flamme produite enveloppe ainsi les moufles pour se rendre par les carneaux C, D, E dans les conduits *g* de la fumée.

La combustion des produits volatils suffit dans les opérations subséquentes pour opérer la carbonisation.

Afin de maintenir la température assez élevée et régulière pour enflammer les vapeurs et le gaz, on a le soin de charger à six heures de distance les moufles de chaque four; on a ainsi une moufle à vider toutes les six heures, puisque la carbonisation dure douze heures.

ÉTOUFFAGE. — On constate que la carbonisation est terminée en s'assurant par un *regard m'*, momentanément ouvert, qu'il ne se dégage plus de flamme par les petits carneaux *n* dont sont percées les parois de chacune des moufles.

(1) On a obtenu également de bons résultats en carbonisant dans des fours cylindriques, ayant 2m 50 de diamètre, 3 mètres de haut, munis d'une ouverture de 70 centimètres dans la voûte, et d'une portion inférieure de 60 centimètres au carré.

Alors on délute et l'on ouvre l'une des portes K; on pose des rails mobiles devant, puis on tire avec un crochet le chariot pour le faire passer dans un des magasins voisins, situés à portée des voies de fer; on lute les joints entre les vases (afin d'éviter une incinération partielle) et les joints des couvercles *b*.

On enfourne un ou deux autres chariots préparés d'avance avec leur charge de vases remplis de cylindres à carboniser. Les mêmes manœuvres se répètent au bout de six heures pour la deuxième moufle et pour chacune des autres moufles les jours suivants.

Six ou huit heures après les avoir retirés des moufles, on ouvre les vases, on les vide dans le magasin, et les chariots, dirigés par un chemin de fer, reviennent aux ateliers où ils sont rechargés de nouveau.

Il est facile d'opérer ainsi deux carbonisations en vingt-quatre heures dans chacune des moufles.

Le procédé de fabrication que nous venons de décrire n'est pas restreint aux matières premières, résidus qu'il utilise si bien : il vient de donner lieu à une carbonisation spéciale de menus bois ou brindilles provenant des coupes, élaguages ou éclaircies qui souvent encombrent sans profit les exploitations forestières, et des bruyères, genêts, etc., dont l'extraction rendait les défrichements très-dispendieux. M. Popelin-Ducarre parvient à les carboniser, puis à les transformer en charbon moulé usuel.

APPLICATIONS. — Ces charbons moulés, dit M. Payen en terminant la description des procédés de M. Popelin, s'emploient au chauffage de toutes les opérations culinaires et des laboratoires; dans leur combustion ordinairement plus lente et plus régulière se réalisent des conditions notables d'économie, comparativement avec le charbon de bois actuel.

Pour les analyses alimentaires en particulier, le chauffage au moyen des charbons moulés offre cet avantage de fournir une température plus facilement réglée, et de produire bien moins de rayonnement de calorique qui fatigue l'opérateur.

En un mot, dans les opérations des laboratoires et de l'économie domestique, ces charbons offrent généralement de notables avantages; en permettant d'utiliser les menus débris de divers charbons et du coke, ils offriront les moyens de varier suivant les usages, les qualités et les prix de ce combustible nouveau.

Déjà les produits de cette industrie nouvelle sont employés dans un grand nombre d'établissements publics, chez les particuliers et dans les laboratoires de Paris : notamment au Conservatoire des arts et métiers, à la Monnaie, à l'École de pharmacie, aux Mines, etc.

Les quantités que l'on pourrait en fabriquer annuellement sont déjà considérables, car l'une des matières principales, le goudron, se produit en abondance dans les usines à gaz, qui se multiplient dans la plupart des villes de France.

Celles de ces usines qui, à Paris seulement, alimentent environ 100,000

becs allumés chaque soir, donnent près de 5 millions de kilogr. de goudron, quantité qui suffirait à une fabrication dépassant 12 millions de kilogr. de charbon.

Une seule fabrique, montée à Paris par M. Popelin-Ducarre, obtient journellement, dans quatre fours à double moufle, 150 hectolitres de charbon pesant ensemble 4,950 kilogr., ce qui représente une production annuelle de 1,792,000 kilogr.

DESCRIPTION DES APPAREILS DE M. MOREAU, REPRÉSENTÉS SUR LES FIGURES DES PL. 29 ET 30.

Les appareils brevetés au profit de M. Moreau, et qui ont été mis à exécution par M. David, pour une usine montée également à Paris, dans le faubourg Saint-Antoine, et destinée à fabriquer le charbon factice dit *charbon de ménage*, comprennent :

1° Un broyeur mécanique composé de deux roues cannelées, de forme arrondie, roulant dans une auge circulaire ;

2° Un mélangeur construit sur le même principe, mais avec un bac à double fond qui permet de chauffer par un courant de vapeur ou d'eau chaude ;

3° Une machine à moule double, fonctionnant directement par la puissance de la vapeur ;

4° Un four de carbonisation avec une disposition spéciale pour recueillir les gaz provenant de l'évaporation du goudron.

Ces divers appareils présentent des combinaisons particulières qui nous ont paru d'un intérêt d'autant plus grand, qu'elles peuvent aussi être appliquées, avec des modifications, dans d'autres industries. Or, notre but, en publiant les procédés, les moyens mécaniques employés dans certaines fabrications, n'est pas seulement de les répandre, de les faire connaître au public, mais encore de donner aux mécaniciens, aux ingénieurs, aux manufacturiers, des idées nettes et précises sur des mécanismes nouveaux dont ils pourront toujours, soit dans une circonstance, soit dans une autre, faire une heureuse application.

DU BROYEUR (pl. 29). — Les figures 8, 9 et 10 du dessin pl. 29 représentent en élévation, en plan et en coupe verticale le système de broyeur employé à réduire en poudre les poussiers ou résidus de charbon de bois, que l'on a préalablement passés dans un blutoir pour en extraire les parties les plus fines, afin de ne pas les soumettre inutilement à l'appareil.

Ce broyeur, qui, comme principe, a de l'analogie avec le système à roues ordinaire en usage dans la fabrication du mortier, se compose :

1° D'une auge circulaire en fonte A reposant, soit sur des pièces de charpente, soit sur un massif en maçonnerie, et reliée par ses rebords intérieurs à un grand croisillon C, qui sert à recevoir le collet d'un arbre vertical en fer D;

2° De deux roues droites et verticales en fonte E, qui sont ajustées libres sur un essieu transversal en deux pièces F, et dont la surface extérieure arrondie suivant un arc de cercle, est garnie de cannelures angulaires qui brisent la matière soumise à leur action.

Les deux parties qui composent l'essieu F sont ajustées dans les embrasures d'un plateau de fonte G, monté sur l'arbre vertical D, au-dessus de son croisillon, et elles y sont chacune simplement retenues par une forte goupille en fer *a*, qui leur permet de prendre au besoin une légère inclinaison, selon la plus ou moins grande quantité de substances contenues dans l'auge, et ensuite selon la montée ou la descente des roues cannelées lorsqu'elles tournent dans cette dernière.

L'arbre D est mis en mouvement par la roue d'angle H, qui est rapportée à sa partie inférieure, et commandée par le pignon I, monté sur l'arbre de couche en fer J, que l'on fait mouvoir par un moteur continu. Il pivote sur la crapaudine *b*, ajustée au sommet de la poêlette ou chaise en fonte K.

Dans la partie supérieure du plateau G, on a rapporté une pièce de bois L, qui, à l'une de ses extrémités, porte une ou deux râcles de tôle *c*, obliquées en sens inverse, pour ramener constamment vers le milieu ou le fond de l'auge les matières à broyer, afin qu'elles se trouvent engagées sous les meules verticales, et pulvérisées, par suite, au fur et à mesure de la rotation et de la translation de ces dernières.

Quand on juge que le poussier est suffisamment broyé, on fait descendre le ramasseur en tôle M, qui est suspendu par sa tige verticale à l'extrémité du grand bras de levier N, terminé par une poignée que l'ouvrier chargé de ce soin manœuvre à la main, et en même temps il ouvre un registre inférieur appliqué à l'ouverture O, qui a été pratiquée vers le fond de l'auge, de sorte qu'en deux ou trois tours celle-ci est complétement vide. On recommence immédiatement l'opération, en versant dans l'auge une nouvelle quantité de poussiers bruts.

La vitesse imprimée aux meules étant assez considérable, puisqu'elle peut s'élever à 30 ou 40 révolutions par minute, on comprend sans peine que chaque opération est faite en peu de temps. Aussi la machine peut-elle suffire à une fabrication très-importante.

Du mélangeur (fig. 11, pl. 29). — Cet appareil, dans lequel on transporte les matières, après leur sortie du broyeur, a beaucoup d'analogie avec ce dernier. Il en diffère néanmoins comme forme et comme construction.

Ainsi le récipient circulaire A est disposé autrement. Au lieu d'une coupe demi-annulaire, il présente une sorte de bac conique qui est fondu avec des rebords intérieurs, afin de recevoir une plaque circulaire *a*, au moyen de laquelle on ferme la partie inférieure, pour former double fond, et par suite permettre de chauffer le système soit avec un courant de vapeur, soit avec de l'eau chaude. Ce chauffage est utile pour maintenir le *brai gras*, qui est employé comme substance agglutinante, à une tempéra-

ture suffisamment élevée, afin de mieux se lier avec la poussière de charbon.

Cette auge repose sur un massif en maçonnerie B, dans lequel on a ménagé un passage pour l'arbre de couche en fer J, qui, comme précédemment, transmet ses mouvements à l'arbre vertical D, par les roues d'angle H et I.

Les deux roues ou meules en fonte E, qui doivent, par leur rotation, opérer le mélange des matières, sont de forme conique, présentaut à leur surface extérieure une sorte de dentures épaisses, qui, par les parties vides qu'elles laissent entre elles, donnent entrée à la substance agglutinée. Ces meules sont d'ailleurs, comme les précédentes, ajustées libres sur les essieux F, assemblés de même au plateau de fonte G, qui est fixé à l'arbre vertical.

Une disposition de râcles et de ramasseur est également appliquée à cet appareil, comme dans le broyeur, pour forcer les matières à s'engager sur les meules, et pour vider l'auge, quand on reconnaît que le mélange est assez complet et que l'agglutination est suffisante.

On comprend que le travail d'une telle machine correspond exactement à celui du broyeur. On lui donne la même vitesse; par conséquent, le service est le même.

Il est bon d'observer, toutefois, qu'avant de faire sortir cette espèce de pâte compacte que présente la matière après le mélange, l'auteur a le soin de verser dans l'auge une très-petite quantité d'eau qu'il a jugée indispensable pour faciliter le moulage. En visitant il y a déjà quelque temps l'usine de M. Popelin-Ducarre à Paris, nous avons remarqué un appareil analogue pour effectuer les mélanges de matières, et il paraissait en être satisfait.

De la machine a mouler (pl. 30). — Cette machine, telle que M. David l'a conçue, est à action directe et à double effet, c'est-à-dire qu'elle fonctionne directement par la vapeur sans autre organe que le piston sur lequel elle vient agir successivement à droite et à gauche, pour opérer sur un certain nombre de boudins à la fois, tantôt d'un côté et tantôt de l'autre.

La figure 1 représente une élévation longitudinale de cette machine.

La figure 2 en est un plan général vu en dessus.

La figure 3 est une section verticale faite sur le milieu de la longueur, suivant la ligne 1-2 du plan.

Les figures 4 et 5 sont deux coupes transversales et parallèles, dont l'une est faite suivant la ligne 3-4, et l'autre suivant la ligne 5-6.

Le cylindre à vapeur A, dans lequel joue le piston moteur B, est placé horizontalement, boulonné par des oreilles sur deux pièces de charpente en bois C, qui, avec les deux fortes traverses de jonction D, forment tout le bâti de la machine, dont toutes les parties sont rendues solidaires par les colonnes horizontales en fer C′.

La tige en fer E du piston se prolonge des deux côtés pour s'assembler avec les deux fouloirs de fonte F, F′, destinés à comprimer les matières et à les refouler dans les matrices, pour en obtenir des boudins ronds de la longueur et du diamètre voulus.

Les capacités ou boîtes en fonte G G′, dans lesquelles glissent ces fouloirs sont surmontées de petites trémies H H′, qui reçoivent les substances agglomérées, et constamment apportées des mélangeurs par des enfauts préposés à ce service. Ces boîtes se terminent par des espèces d'entonnoirs I, I′, qui y sont boulonnés et contre la base desquels viennent s'appliquer les matrices proprement dites J J′; ils sont à cet effet tournés en creux, pour permettre à celles-ci de pivoter sur elles-mêmes, tout en coïncidant bien ensemble quand elles se trouvent dans le même plan.

Les matrices J J′ sont aussi en fonte, percées de 12 trous cylindriques, afin de présenter autant de tubes ou de moules et par conséquent permettre de faire 12 boudins à la fois. Elles sont fondues, comme le montre le détail (fig. 6) avec deux tourillons *a* qui sont portés par des coussinets K K′, pour pouvoir librement faire un quart de tour sur elles-mêmes; ces tourillons sont prolongés au delà de la largeur des coussinets, afin de porter, d'un côté, les contre-poids L L′, qui font équilibre au système, et de l'autre, les courtes manivelles M M′ à l'aide desquelles on les fait pivoter.

Or au bouton *b* de chacune de ces manivelles sont assemblées les bielles en fer N N′, qui, par l'autre extrémité, se relient de même par articulation à des boutons semblables *c* fixés aux bras de la grande roue droite en fonte O, qui est simplement ajustée libre sur un goujon à embase *d* fiché contre l'une des poutrelles en charpente C. Avec cette roue engrène un pignon denté P, dont l'axe *e* prolongé porte une manivelle Q, que l'on manœuvre à la main, tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre.

Les petits pistons *g g′* appelés *débourreurs* s'ajustent dans chacun des moules, et guidés par une cloison de séparation *h* fondue avec chaque matrice, sont réunis par une platine en fer à laquelle ils sont retenus par un écrou. Ces débourreurs ont pour but de faire sortir les boudins après qu'ils sont moulés. A cet effet, le constructeur a placé au-dessus un disque de fonte R ou R′, attaché à une tige verticale en fer *i* que l'on fait descendre ou monter à volonté au moyen du grand levier à bascule et à contre-poids S ou S′ qui oscille aisément autour de son axe dont les points d'appui sont au sommet des petites colonnes T.

Par cette disposition, il est aisé de comprendre le jeu de l'appareil et les fonctions de ses divers organes.

Observons d'abord que la machine marche par intermittence, et non d'une manière égale et continue, comme dans les moteurs à vapeur ordinaires. C'est l'ouvrier chargé de la diriger qui doit la faire fonctionner aux instants nécessaires.

Ainsi il s'applique, pendant le travail, à la poignée du levier horizontal U, auquel est attachée par articulation la tige *k*, du tiroir de distribution V

ajusté au-dessus des lumières du cylindre et renfermé dans la boîte d'admission X. Il fait alors glisser ce tiroir soit à droite soit à gauche, pour introduire la vapeur dans le cylindre, tantôt sur une face du piston, et tantôt sur l'autre.

Nous supposons, sur le dessin, fig. 3, que le tiroir est dans une position intermédiaire qui laisse l'intérieur du cylindre à droite du piston en communication avec l'extérieur, par la lumière *l* et l'échappement *m*, ce qui a permis à la vapeur admise un instant auparavant de s'écouler au dehors.

Or cette vapeur, pendant l'admission, a poussé le piston de droite à gauche, ce qui, par suite, a obligé le fouloir de gauche F′, à marcher de même et à repousser la substance agglomérée qui remplissait la boîte alimentaire G′, dans la matrice correspondante J′, et par conséquent à remplir tous les moules, en s'arrêtant justement contre les dégorgeurs *g*′, qui leur forment une espèce de faux fond.

Mais pendant ce temps l'autre fouloir F, qui se trouve à droite de l'appareil, s'est reculé et a laissé l'intérieur de la boîte G libre. L'ouvrier placé de ce côté a pu faire pivoter le porte-moules J sur lui-même, afin de lui faire prendre la position verticale indiquée, puis en s'appliquant sur l'extrémité du grand levier S, il a forcé les repousseurs *g* à descendre, et à chasser les boudins que contient chacun des moules J, dans la bassine ou boîte en tôle Z qu'un enfant emporte aussitôt pour les mettre à l'étuve.

Lorsque le piston est arrivé à l'extrémité de sa course, l'ouvrier fait remonter le porte-moules J, et l'enfant vient immédiatement verser une nouvelle quantité de matière dans la trémie de la boîte G, et le conducteur pousse le tiroir dans la position extrême, pour découvrir la lumière *l*′ et faire admettre la vapeur à gauche du piston. L'ouvrier placé à gauche de l'appareil fait basculer à son tour le porte-moules J′, puis, dès qu'il est vertical, il appuie sur le grand levier S′ pour refouler les boudins et les faire tomber de même dans une seconde boîte en tôle Z′, disposée au-dessous et qu'un enfant enlève également en la remplaçant par une autre.

Le travail peut se continuer ainsi pendant des heures entières, sans autres intermittences ou moments d'arrêts que l'instant nécessaire pour changer les organes principaux de position. Mais il faut habituellement trois hommes et deux enfants pour que les opérations s'effectuent très-régulièrement et avec le moins d'interruption possible.

Comme la marche rectiligne du piston est assez rapide, et qu'il n'est pas limité par une manivelle à mouvement circulaire, comme dans les machines ordinaires, le constructeur a eu le soin, pour amortir les coups et arrêter la course, d'appliquer aux deux fonds opposés du cylindre à vapeur des rondelles méplates Y Y′ en feutre, ou en caoutchouc vulcanisé, contre lesquelles les fouloirs viennent butter.

Nous aurons à publier prochainement une machine de M. Mallé, qui, construite d'abord pour la fabrication des briques, a été, par suite de quelques modifications, appliquée aussi, avec avantage, au moulage des charbons artificiels.

LISTE DES BREVETS PRIS EN FRANCE POUR LA COMPOSITION ET LA FABRICATION DES CHARBONS FACTICES OU COMBUSTIBLES ARTIFICIELS, DEPUIS 1810 JUSQU'EN 1854.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Quest.	Pour des moyens de former, avec de la terre argileuse et du charbon de terre, des masses de ces deux matières mélangées que l'on nomme briquettes (5 ans).	18 juin 1810.
Burette.	Pour un procédé propre à réunir en briquettes solides, sans le secours de l'argile même, le charbon de terre employé au chauffage domestique (10 ans).	12 juin 1811.
Duparge.	Pour un moyen de préparer le charbon de bois et de terre, de manière à en faire du charbon d'une qualité supérieure (15 ans).	23 juillet 1830.
Pouillot.	Pour fabrication de combustibles composés (15 ans). — Brevet d'addition.	16 août 1831.
Ferrand et Marsay.	Pour la fabrication 1° de briquettes avec de la houille menue; 2° des bûches de bois artificielles avec des copeaux, de la sciure, ou tout autre combustible (10 ans).	30 janvier 1833.
Leroux Durandrie.	Pour une bûche économique en houille composée.	28 septembre 1836.
Poole.	Pour la composition d'un nouveau combustible économique (10 ans).	25 juillet 1837.
Stevenson.	Pour un combustible perfectionné et économique (15 ans). — Cession à Hamilton Wood, 19 mai 1839.—Cession à Parkin, le 20 juin 1840. — Addition du 29 juin 1839.	29 juillet 1838.
Oram.	Fabrication et préparation de différents charbons de terre (15 ans).—Add. du 29 juin 1840.	16 octobre 1838.
Fowel.	Pour un nouveau combustible composé et nommé *coke-chandelle* ou à flamme brillante (5 ans).	27 décembre 1838.
Morin.	Pour un nouveau combustible économique (10 ans).	31 décembre 1838.
Lamb.	Pour perfectionnement dans la préparation et l'emploi d'un nouveau combustible (10 ans).	19 septembre 1839.
Parruitte.	Pour un nouveau combustible dit *pâte de bois* (5 ans).	8 juin 1840.
Duchamp.	Pour un nouveau combustible qui remplace avec avantage les bûches et briquettes de charbon de terre et de tourbe (5 ans).	17 août 1840.
Brunard.	Pour de nouvelles briquettes économiques à brûler (5 ans). — Addition du 16 novembre 1841.	19 octobre 1840.
Poole.	Pour des moyens et procédés propres à fabriquer un nouveau combustible avec diverses substances végétales et minérales (10 ans).	6 novembre 1840.
Weschniakoff.	Pour des moyens et procédés propres à fabriquer un combustible nommé *carboléine* (15 ans). — Additions des 26 juillet 1841, 19 avril 1842, 9 novembre 1842.	25 janvier 1841.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Féline.	Pour emploi du bitume comme combustible appliqué à certains usages (15 ans). — Addition du 25 avril 1841.	8 mars 1841.
Pecquet de Beaurepaire.	Pour un procédé perfectionné pour la fabrication de briquettes au coaltar (10 ans). — Additions des 12 novembre 1841 et 8 décembre 1842.	11 octobre 1841.
Wurmser.	Pour un mode de fabrication de charbon de bois *dit charbon refait* (15 ans). — Additions des 20, 28 juin et 30 septembre 1842.	29 avril 1842.
Stamm.	Pour un procédé ayant pour objet d'utiliser la sciure de bois comme combustible actif et de la substituer à la houille, à la tourbe et au bois (5 ans).	21 décembre 1842.
Wurmser et Fourchon.	Pour des procédés pour convertir en charbons de toutes sortes et de toutes qualités, tous les rebuts organiques de végétaux, de minéraux, dits *charbons Wurmser* (15 ans).	2 mars 1843.
Lebrun.	Pour un procédé de fabrication d'un charbon factice (15 ans).	8 mars 1843
Walkers.	Pour des perfectionnements dans l'emploi de la chaleur pour la fabrication d'un combustible artificiel, perfectionnements applicables aussi à la préparation de l'asphalte et à d'autres usages (10 ans).	18 mai 1843.
Warlich.	Pour la préparation d'un combustible artificiel et dans la construction d'un appareil propre à fabriquer ce combustible destiné à différents usages (15 ans).	24 décembre 1843.
Gary de Faviez.	Procédé propre à convertir les charbons menus en gros charbons, etc. (10 ans).	31 octobre 1843.
Kirckham.	Pour un combustible dit *coke-chandelle.*	27 décembre 1843.
Keene.	Pour la fabrication d'un combustible composé, particulièrement avantageux pour la navigation à vapeur, la vaporisation des eaux salées et le chauffage des forges et foyers (15 ans).	12 août 1844.
Chenal.	Pour un combustible dit charbon végéto-minéral (15 ans).	28 septembre 1844.
Clerjon.	Pour un procédé servant à la transformation des charbons menus en gros (15 ans).	4 octobre 1844.
Foutenay.	Pour des procédés propres à faire utiliser les poussières de charbon.	5 novembre 1844.
Desaulle.	Pour une machine principalement destinée à mouler des briquettes avec des escarbilles, des fraisils et menus charbons ou autres substances pour en obtenir une combustion parfaite, laquelle machine peut aussi parfaitement convenir pour mouler de la tourbe, etc.	9 novembre 1844.
Grandjean de Fouchy.	Procédé qui recompose en roche la poussière du charbon de terre. — Addition du 17 juillet 1847.	21 février 1845.
Benoît *dit* Benoiat.	Pour un système propre à la fabrication de toute sorte de combustibles, tels que mottes, bûches, briquettes, etc., à l'aide d'une machine.	12 avril 1845

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Boxer.	Pour la fabrication d'un combustible.	6 mai 1845.
Middleton.	Pour une machine perfectionnée propre à comprimer les combustibles artificiels. — Patente anglaise expirant le 5 août 1858.	24 juin 1845.
Pecquet.	Pour un appareil propre à la fabrication des briquettes de charbon de terre et autres combustibles artificiels.	24 juillet 1845.
Popelin-Ducarre.	Pour un charbon artificiel dit *coke-charbon*. — Additions des 5 novembre 1845, 1er avril 1846.	4 août 1845.
Brooman.	Pour la préparation et l'application de combustibles, mastics et ciments artificiels. — Patente anglaise de 14 ans expirant le 11 février 1859.	22 septembre 1845.
Parsons.	Pour des perfectionnements dans la fabrication des combustibles et dans les appareils destinés à leur emploi. — Patente anglaise de 14 ans expirant le 10 mai 1859.	21 octobre 1845.
Wylam.	Pour des perfectionnements apportés à la fabrication de combustibles artificiels ainsi qu'aux machines destinées à cette fabrication. — Patente anglaise expirant le 7 avril 1859.	22 octobre 1845.
Benoit *dit* Benoiat.	Pour un procédé à fabriquer des briquettes-mottes inflammables et des briquettes-mottes carbonisées. — Additions des 16 octobre 1846, 19 janvier et 2 septembre 1847.	3 novembre 1845.
Mire.	Système d'agrégation appliqué au menu charbon de terre. — Addition du 6 décembre 1847.	12 mars 1846.
Gros.	Genre de combustible.	2 juillet 1846.
Pilot et Bouvert.	Combustible dit *hydrure de carbone*.	20 juillet 1846.
Popelin-Ducarre.	Machine propre à la fabrication du charbon artificiel dit *charbon de Paris*.	1 août 1846.
Moreau.	Méthode de conglomérer le poussier de charbon de bois et de braise. — Additions des 20 et 28 août 1847, 25 janvier 1848.	29 août 1846.
Pellieux et Gonthret.	Genre de combustible. — Addition du 12 mars 1847.	2 octobre 1846.
Warlich.	Perfectionnements dans la fabrication d'un combustible artificiel et la construction des appareils propres à cette fabrication.	7 octobre 1846.
Bertram.	Perfectionnements apportés à la fabrication des combustibles artificiels.	28 novembre 1846.
Poncet.	Procédés de composition et de fabrication d'un nouveau combustible.	3 décembre 1846.
Smith.	Perfectionnements dans la fabrication de certaines compositions pouvant être employées comme combustible.	4 décembre 1846.
Henry et Cazin.	Combustible dit *paludine*.	15 décembre 1846.
Grasset.	Fabrication de divers charbons artificiels dits charbon *végéto-minéral*.	4 février 1847.
Popelin-Ducarre.	Perfectionnements apportés à la fabrication du charbon artificiel. — Additions des 5 septembre 1849, 27 mars 1852.	6 février 1847.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
Millochau.	Composition d'un genre de charbon dit *charbon dur inodore*. — Addition du 24 juillet 1848.	11 mai 1847.
Robin et Feuchère.	Machine et procédé propres à la solidification du poussier de houille.	14 juillet 1847.
Sorel et Lescroel-Deprez.	Procédés pour agglomérer les combustibles menus ou en poussière, de manière à en former des briquettes, etc.	26 août 1847.
Million.	Genre de combustible.	23 décembre 1847.
Mazard (Mme).	Appareil propre à l'agglomération du menu charbon de terre, etc. — Addition du 20 décembre 1848.	31 décembre 1847.
Guyot (Dlle).	Composition d'un genre de combustible. — Additions des 11 mai 1848, 22 février et 30 mars 1849, 7 février 1850.	30 mars 1848.
Offner.	Application d'une machine propre à broyer, mélanger, pétrir et mouler toute espèce de substance combustible pour en faire un charbon artificiel de toute forme.	31 mai 1848.
Hollands et Greene.	Perfectionnements dans la fabrication d'un combustible artificiel. — Patente anglaise expirant le 4 septembre 1862.	13 janvier 1849.
Vigne.	Procédé d'agglomération des houilles menues à l'état naturel et à l'état de coke. — Addition du 17 janvier 1850.	18 janvier 1849.
Voilquin.	Agglomération de la houille.	18 janvier 1849.
Picard.	Composition et procédés de fabrication d'un combustible artificiel dit charbon Picard. — Addition du 26 juillet 1849.	2 mai 1849.
Snowdon.	Perfectionnements dans les mécanismes destinés à mouler et à presser le combustible artificiel. — Patente anglaise expirant le 28 décembre 1862.	23 mai 1849.
Buckwell.	Perfectionnements dans la compression et la solidification du combustible. — Patente anglaise expirant le 28 mars 1863.	8 octobre 1849.
Lombard et Thomas.	Système propre à l'agglomération des charbons menus.	5 novembre 1849.
Bernard.	Procédé de fabrication de la houille agglomérée.	10 novembre 1849.
Bernard.	Procédé d'agglomération de la houille menue.	6 décembre 1849.
Gaston.	Perfectionnements apportés à la fabrication du chauffage artificiel. — Patente anglaise expirant le 22 février 1864.	6 avril 1850.
Moreau.	Procédés propres à reconstituer toute espèce de poussier et matières menues pour en faire de nouveaux produits. — Addition du 29 juillet 1850. — Cession à Frenais de Coutard. — Additions des 1er mars, 24 avril, 11 juin et 4 octobre 1851, des 5 janvier, 20 février et 6 juillet 1852. — Cession à Guibert et Ce. — Additions des 20 mai et 3 juin 1853.	12 juin 1850.
Tarling.	Perfectionnements dans la fabrication d'un combustible, etc. — Patente anglaise expirant le 7 mars 1864.	20 juin 1850.

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
De Vylder.	Machine présentant un système pour transformer le charbon de terre menu en briquettes, etc. — Brevet belge expirant le 14 juin 1865.	13 août 1850.
Bessemer.	Perfectionnements dans la préparation du combustible, etc. — Patente anglaise expirant le 20 septembre 1864.	11 octobre 1850.
Pelluche et Bijou.	Perfectionnements apportés à une machine propre à fabriquer les mottes à brûler.	26 novembre 1850.
Vanweddingen.	Machine à faire du combustible artificiel.	9 décembre 1850.
Moreau.	Opérations à l'effet de perfectionner les combustibles artificiels et le charbon, etc.	18 janvier 1851.
Buran.	Procédés de fabrication de noir de fumée, lesquels donnent lieu à la production d'un combustible.	11 avril 1851.
Fernandez et de Laurès.	Système de chauffage consistant dans des pastilles ignifères propres à allumer le feu, dans de nouvelles dispositions et dans la fabrication d'un genre de charbon combustible. — Addition du 3 août 1853.	22 juillet 1851.
Decock.	Solidification des houilles menues.	27 août 1851.
Morat.	Procédé de fabrication de briques ou briquettes combustibles. — Addition du 11 août 1852.	30 août 1851.
Seytre.	Système d'agglomération de la houille. — Addition du 17 septembre 1852.	17 octobre 1851.
Laserre.	Combustible dit *boule de feu*.	30 octobre 1851.
Moreau.	Double utilisation des produits inflammables et des produits solides de combustibles artificiels.	28 novembre 1851.
Perrin, Bourny, Billot et Tardieu.	Combustibles industriels et briques à gaz.	29 novembre 1851.
De Vries.	Fabrication des houilles en roche avec des charbons menus.	12 janvier 1852.
Jacquelain.	Charbon économique et inodore.	17 janvier 1852.
Goubaud.	Moyen d'utiliser les débris de combustibles.	12 février 1852.
Pidding.	Perfectionnements à la préparation et à la combinaison de matériaux propres à produire du chauffage ou matière combustible, etc. — Patente anglaise expirant le 24 janvier 1866.	17 février 1852.
Maire.	Composition de charbon dite *charbon ardent*. — Addition du 9 décembre 1852.	3 avril 1852.
Lepaire.	Confection des briquettes combustibles en charbon de terre.	10 avril 1852.
Bréchon.	Machine propre à faire les briques de charbon aggloméré et autres.	24 avril 1852.
Giraudon.	Moyen d'agglomération des combustibles pulvérulents.	27 mai 1852.
Girard.	Combustible dit *charbon stellaire* ou *de l'étoile*.	16 juin 1852.
Caron.	Conversion de la houille menue en charbon de bois factice.	8 septembre 1852.
Girard.	Perfectionnements dans la fabrication des matières servant aux chauffages domestique et industriel.	30 septembre 1852.
Kulczycki.	Agglomération de toute sorte de poussière des	

Noms des brevetés.	Titre des brevets.	Date des brevets.
	charbons minéraux et végétaux, pour en former une sorte de combustible brûlant sans fumée et sans odeur.	14 octobre 1852.
Evrard.	Procédé de carbonisation des houilles, d'agglomération des menus, etc. — Addition du 25 juin 1853.	15 janvier 1853.
Dallier.	Genre de combustible.	6 mai 1853.
Dehaynin et Hamoir.	Préparation et application à la fusion des minerais d'un combustible artificiel, etc.	25 mai 1853.
Rigal.	Composition d'un charbon minéral et végétal dit *rigalide*.	14 juillet 1853.
Van der Hecht.	Procédé propre à la fabrication des briquettes.	30 juillet 1853.
Kolb et Ramser.	Charbon artificiel remplaçant la houille.	19 septembre 1853.
Marsand et Ce.	Charbon de bois préparé dit *charbon de fer*.	28 octobre 1853.
Faure de Villatte.	Appareils propres à la fabrication et à la carbonisation des charbons de tourbe, poussiers carboniques, charbons artificiels.	17 novembre 1853.
Hugau.	Charbon pyrogène.	16 décembre 1853.
Lacasse.	Charbon artificiel dit *brique à glutiner*.	31 décembre 1853.
Lhermite.	Fabrication d'un charbon. — Addition du 11 avril 1854.	31 décembre 1853.

NOTE

SUR LA PUISSANCE COMPARATIVE DE VAPORISATION

ENTRE LES GÉNÉRATEURS A BOUILLEURS AVEC FOYER EN MAÇONNERIE ET LES GÉNÉRATEURS TUBULAIRES A FOYER INTERIEUR,

Par **M. NOZO**, ingénieur du matériel au chemin de fer du Nord.

Nous avons publié dans le IVe volume de ce Recueil les expériences intéressantes faites par M. Cavé sur les chaudières à vapeur avec ou sans bouilleurs et avec différentes dimensions de grilles. Puis, nous avons donné dans le VIIe vol. les dispositions diverses de générateurs en usage. Nous croyons qu'on ne verra pas sans intérêt la note suivante transmise par M. Nozo, à la Société des ingénieurs civils, contenant les deux séries d'expériences qu'il a faites d'une part, sur une chaudière tubulaire et, de l'autre, sur deux chaudières à bouilleurs réunies.

Dans chaque système de générateur, la surface de chauffe totale est à peu près la même ;

elle est de 72 mètres carrés environ.

Dans la première série d'expériences, l'appareil mécanique sur lequel on fait agir la vapeur du générateur est celui de la machine locomotive.

Dans la deuxième série d'expériences, c'est sur une machine fixe que la vapeur agit.

La consommation en houille dans le système à bouilleurs a été trouvée égale, en moyenne,

à 2102 kil. par journée de 10 heures.

Et la consommation en coke pour la chaudière tubulaire a été trouvée aussi en moyenne,

par journée de 10 heures, de 1794kil. 56.

En ramenant cette consommation de coke à ce qu'elle eût été si on avait employé de la houille, on trouve,

le rapport des capacités calorifiques entre le coke et la houille étant de 4 : 5

que la houille consommée pour produire la même quantité de vapeur eût été

de 1435kil. 65.

L'économie journalière réalisée aurait donc atteint le chiffre

de 666kil. 35, soit 31 p. 0/0.

Dans une deuxième expérience, on a chauffé la chaudière tubulaire avec de la houille alimentée par une injection d'air à la pression de 0m 16 d'eau. et débouchant de chaque côté du foyer,

à 0m 40 de la grille,

par une section de tuyère de 45 cent. quarrés,

et injectée en sens inverse du mouvement ascensionnel de la flamme.

En n'employant que des houilles maigres, on est arrivé à une combustion assez complète de la fumée, et à une consommation moyenne, prise sur huit mois d'expériences,

de 1246 kil. par journée de 10 heures de travail,

soit une économie de 49.66 ou près de 50 pour 0 0

sur la consommation des chaudières à bouilleurs.

Voilà le premier résultat obtenu avec deux systèmes de chaudières envoyant leur vapeur dans les cylindres d'une machine locomotive.

Pour compléter ces résultats, M. Nozo, comme nous l'avons dit, a pris pour moteur une machine fixe, et il l'a alimentée successivement par la vapeur d'un générateur à bouilleurs et par celle du générateur tubulaire.

Et en procédant comme précédemment il est arrivé, en ne brûlant que de la houille, à réaliser, avec la chaudière tubulaire, une économie de combustible

de 30 pour 0/0 sur la chaudière à bouilleurs.

Ces résultats sont remarquables : aussi ont-ils déjà attiré l'attention de quelques constructeurs, qui ont placé dans leurs ateliers des chaudières tubulaires avec injection d'air pour brûler la fumée.

MACHINE A VAPEUR

A TROIS CYLINDRES

A DÉTENTE ET A CONDENSATION,

Par **M. LEGAVRIAN**, ingénieur-constructeur à Lille.

(PLANCHE 31.)

La nouvelle machine à vapeur représentée sur le dessin pl. 31 est de la force de 80 chevaux. Elle est due à M. Legavrian, ingénieur mécanicien à Lille, qui a pris en son nom propre, pour ce nouveau système, des brevets en France et à l'étranger.

En proposant ce système, M. Legavrian a cherché à réaliser trois améliorations capitales qui s'excluent dans les machines généralement appliquées.

1° La régularité indispensable aux filateurs;

2° L'économie de matière dans la construction;

3° L'économie de combustible.

Il a réalisé ces trois avantages en réunissant en une seule, par une disposition toute nouvelle, deux machines du genre de celle que nous avons publiée dans le VIIe volume et qui obtint en 1849 la moitié du prix de dix mille francs décerné par la Société d'encouragement (1).

Cette disposition consiste simplement à faire dépenser la vapeur qui a produit son action dans une capacité donnée, par détente ou par expansion, dans deux ou plusieurs autres capacités plus grandes au lieu d'une seule, en faisant, pour cela, marcher le piston du petit cylindre à une vitesse différente de celle des pistons de chacun des grands cylindres, mis successivement en communication avec le premier, et en s'arrangeant de manière que la rotation de l'arbre principal, actionné par le petit piston, soit double de celle des arbres actionnés par les grands.

(1) On se rappelle que le prix de 10,000 fr. a été partagé entre M. Farcot, ingénieur-mécanicien à Saint-Ouen, et la maison Legavrian et Farinaux, de Lille, pour les notables améliorations et l'économie de combustible réalisée par ces constructeurs.

Ainsi, que l'on suppose, par exemple, trois cylindres de même hauteur, dont l'un, celui du milieu, notablement plus petit de diamètre que les deux autres, reçoive la vapeur à la pression ordinaire de 3, 4 ou 5 atmosphères, agissant alternativement en dessus et en dessous de son piston, pour lui imprimer une vitesse de 1 mètre à 1m 50 ou même 2 mètres et plus par seconde.

Admettons que cette vapeur, après avoir rempli la capacité de ce petit cylindre et par suite, avoir parcouru la longueur entière de la course, passe dans l'un des grands cylindres, afin d'agir par expansion, sur la surface du piston que celui-ci renferme.

Il est évident que si ce piston marche à une vitesse moitié moindre que celle du premier, il ne sera arrivé qu'à la moitié de sa course quand celui-ci sera parvenu tout à fait à la fin ; alors il continuera sa marche sans recevoir de nouvelle vapeur, mais seulement par la plus grande expansion de celle admise dans la première moitié de la course.

Pendant ce temps, le second grand cylindre qui se trouve aussi en communication avec le petit cylindre, mais du côté opposé, reçoit la vapeur qui a produit son effet sur le petit piston à la seconde course, et qui agit absolument de la même manière que dans le premier grand cylindre.

On voit donc qu'une cylindrée de vapeur, dépensée dans une capacité donnée à une pression plus ou moins élevée, se répand tantôt dans un cylindre, tantôt dans un autre, pour agir par expansion ou par détente. La longueur de la course dans les trois cylindres étant exactement la même, mais celle du petit piston se faisant deux fois plus vite que celle des deux autres, il en résulte que dans une double course de ce petit piston, chacun des deux derniers n'a parcouru qu'une course simple.

Il résulte de cette combinaison que l'on peut arriver à livrer aujourd'hui des machines à vapeur de grandes puissances à des prix bien inférieurs à ceux des meilleures machines de Woolff. En effet, d'un côté, le petit cylindre donne nécessairement une force effective double de celui de la machine à deux cylindres dans laquelle la vitesse du petit piston est moitié moindre, et de l'autre, les deux grands cylindres recevant ensemble, dans le même temps, un volume de vapeur double de celui dépensé dans la machine Woolff, qui n'a qu'un seul grand cylindre, produisent également une force effective double, quoique chacun d'eux n'ait d'ailleurs qu'un diamètre correspondant.

Ainsi, pour fixer les idées, une machine à 3 cylindres de 100 chevaux, construite d'après ce nouveau système, n'a pas de proportions plus grandes que celles de 50 chevaux à 2 cylindres, puisque, d'une part, le petit cylindre est le même, et que, de l'autre, les deux grands cylindres n'ont aussi qu'un diamètre égal, et la même course.

Or, par suite, les bâtis et les autres organes de la machine n'exigent pas non plus de dimensions plus fortes que les pièces correspondantes de celle

de 50 chevaux ; on peut même, dans certains cas, suivant les dispositions, simplifier les parties fixes, soit en diminuant les colonnes, soit en réduisant le volant, etc. Il ne faut donc réellement compter en plus qu'un cylindre, sa distribution et ses accessoires, de sorte qu'il est facile de compter sans peine, dans la construction totale une économie de 30 à 33 0/0, c'est-à-dire qu'en somme la machine de 100 chevaux à 3 cylindres ne reviendra pas au manufacturier plus cher que la meilleure machine de 70 à 75 chevaux, à deux cylindres.

On sait qu'il y a souvent avantage, et nous l'avons conseillé plusieurs fois nous-même, pour de grands établissements, à établir deux machines accouplées au lieu d'une seule, pour faire mouvoir les divers appareils de l'usine, surtout lorsqu'il s'agit d'obtenir un mouvement très-régulier.

C'est ainsi qu'il convient mieux, dans bien des cas, d'adopter deux machines de 40 ou de 50 chevaux qu'une machine de la force de 80 ou de 100 chevaux, parce qu'alors on obtient plus de *rondeur*, une plus grande régularité de mouvement.

La machine à trois cylindres, sous ce rapport, est extrêmemement avantageuse, car elle produit les mêmes résultats et peut-être même encore plus complétement que deux machines jumelles de Woolff, et à bien plus forte raison que deux machines à un seul cylindre et à grande détente.

Aujourd'hui ces résultats sont bien constatés, car la première machine établie sur ce système, de la force de 50 chevaux, fonctionne depuis plus d'un an, de la manière la plus satisfaisante, avec une grande économie, et avec la *rondeur*, la régularité d'une bonne roue hydraulique.

Cette machine de 50 chevaux fait mouvoir une filature de lin de 3500 broches, une filature de coton de 8000 broches, avec tous les métiers de préparation, et, en outre, des machines à couper et à cylindrer le caoutchouc, espèces de laminoirs qui exigent une grande force motrice. Elle fonctionne 18 heures par jour.

Celle de 80 chevaux que nous publions est aussi destinée à faire marcher une filature à Turcoing; elle est montée chez M. Darras, manufacturier de cette ville.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A TROIS CYLINDRES, A CONDENSATION ET A DÉTENTE, REPRÉSENTÉE DANS LES FIGURES DE LA PLANCHE 31.

La fig. 1 du dessin, pl. 31, représente une coupe verticale de la machine à trois cylindres, construite pour 80 chevaux ;

La fig. 2 en est une section verticale faite par l'axe du petit cylindre qui reçoit la vapeur venant directement de la chaudière;

La fig. 3 du même dessin représente un plan général de la machine toute montée et vue en dessus.

Les fig. 4, 5 et 6 montrent les détails relatifs aux tiroirs de distribution.

On remarque tout d'abord dans ces figures que les trois cylindres ont

leurs axes placés sur un même plan vertical, et sont chacun munis d'une enveloppe en fonte. Les deux grands, placés à droite et à gauche, ont une capacité cinq fois plus grande que celui du milieu, qui doit les alimenter.

La vapeur qui vient du générateur arrive d'abord dans le petit cylindre A, pour agir suivant que son tiroir est ouvert en haut ou en bas, tantôt au-dessus et tantôt au-dessous de son piston B, comme dans les machines ordinaires. Mais cette vapeur, après avoir fonctionné dans ce petit cylindre, doit aller se détendre alternativement dans les deux autres plus grands C et C' dont les pistons D et D', ont une course un peu plus grande que le premier, et dont la vitesse est près de moitié plus petite.

Il en résulte que pendant que le piston B fait une course entière, les deux autres ne font chacun qu'une demi-course ; par conséquent, la cylindrée de vapeur provenant du petit cylindre n'occupe, au moment où son piston est à l'extrémité (en haut ou en bas), que la moitié de la capacité du grand cylindre dans lequel elle est passée, puisque son piston n'a encore atteint, en cet instant, que la moitié de la course. Ce piston achève donc sa marche jusqu'à la fin par l'expansion continue de la vapeur.

Or, pendant que ce grand piston complète ainsi sa course, le second D', qui est disposé de manière à se trouver vers l'extrémité quand le précédent est à la moitié, commence à recevoir la vapeur provenant de la seconde cylindrée du petit cylindre A, et ne tarde pas à arriver vers le milieu de sa course pendant que le petit piston B atteint l'extrémité de la sienne.

En somme, le petit cylindre parcourt deux fois sa course pendant que les grands ne parcourent qu'une seule fois la leur.

Il faut donc s'arranger, dans une telle disposition, pour que le tiroir de distribution permette justement les communications successives du petit cylindre avec chacun des deux grands. M. Legavrian a adopté, à cet effet, une disposition fort ingénieuse, et qui consiste dans une sorte de tiroir double E (fig. 2 et 4) renfermé, comme à l'ordinaire, dans une boîte en fonte F, qui est mise en communication avec le générateur de vapeur par un tuyau G ou une petite colonne creuse, sur laquelle on applique, au besoin, une valve ou soupape d'admission mue par le régulateur.

Suivant que ce tiroir occupe la position inférieure ou celle supérieure, il permet l'introduction de la vapeur dans le haut ou dans le bas du cylindre A, par les lumières *a* et *a'*. Recevant son mouvement d'un excentrique circulaire E', rapporté sur le principal arbre de couche H qui représente l'arbre moteur proprement dit, il peut avoir l'avance et le recouvrement nécessaires pour, d'une part, admettre la vapeur, si on le juge utile, un instant avant que le piston ne soit à l'extrémité de sa course, et surtout ouvrir plutôt à la sortie, et pour, d'autre part, interrompre l'entrée de la vapeur aux 2/3, aux 3/4 ou aux 4/5 de la course, afin d'effectuer déjà, si on le veut, une certaine détente dans ce premier cylindre, comme on le fait dans certaines machines.

Deux tubes recourbés I et I′, communiquant avec l'orifice de sortie *b* de ce petit cylindre, débouchent sur les côtés des boîtes de distribution J et J′, appliquées aux deux grands cylindres, et renfermant deux tiroirs semblables K K′ (fig. 6) qui sont également mus par des excentriques circulaires montés sur les axes respectifs H′ et H^2. Mais ces tiroirs sont réglés de telle sorte que, lorsque l'un, par exemple celui K, ouvre la lumière supérieure du premier grand cylindre C, afin de permettre à la vapeur qui a produit son action sur le petit piston B, de passer par le tube I sous le piston D ; l'autre, celui K′, ferme la communication de l'orifice correspondant du second grand cylindre C′ avec le tube I′. L'effet inverse se produit à la course suivante du petit piston : c'est le grand cylindre C′ qui reçoit la vapeur venant du petit cylindre, parce qu'alors la communication se rétablit entre la sortie de celui-ci et le tube I′, tandis que l'interception a lieu avec le tube I, qui conduit au grand cylindre C.

La vapeur qui s'est ainsi détendue, tantôt dans un grand cylindre et tantôt dans l'autre, va se condenser à leur sortie, dans un condenseur commun L (fig. 2) qui renferme une seule pompe à air M.

La puissance exercée par la vapeur sur chacun des pistons des trois cylindres est transmise d'abord par les tiges de ces pistons aux bielles respectives N, N′, et N^2, guidées d'ailleurs dans leur direction verticale et rectiligne par les traverses à coussinets ou à glissières O, comme dans les machines à cylindres séparés représentées pl. 24 à 27 du tome VII. Ces bielles s'assemblent à leur partie supérieure par articulation avec les boutons des manivelles P, P′ et P^2 ; la première est montée à l'extrémité de l'arbre de couche principal H, qui reçoit en outre la puissance des deux autres H′ et H^2, par les deux roues droites Q et Q′, lesquelles engrènent à la fois avec le même pignon R ; les diamètres de ces engrenages sont naturellement dans le rapport de 1 à 2, pour se trouver en proportions inverses avec les vitesses des pistons.

Ces roues dentées, qui n'ont qu'à reporter la puissance transmise aux arbres de couche H′ et H^2 à l'arbre principal H, n'éprouvent évidemment pas de fatigue, et n'occasionnent aucune difficulté dans leur application.

Elles ajoutent d'ailleurs à l'énergie du volant V qui, pour la force donnée de la machine, est notablement moins considérable en diamètre et en poids que celui d'une machine bien inférieure de puissance. Cela se conçoit sans peine, si l'on observe que, d'une part, on obtient déjà par la disposition des trois cylindres une régularité beaucoup plus grande, et que, d'un autre côté, la vitesse de rotation de l'arbre de couche sur lequel il est placé, est double de celle de la machine qui est moitié plus faible.

Le bâti d'une telle machine est très-simple, il peut se réduire à quatre colonnes de fonte S qui reposent sur la plaque de fondation T, sur laquelle se fixent les trois cylindres, et qui se relient à la partie supérieure par un double entablement en fonte U U′, dont les extrémités vont s'appliquer aux deux murs latéraux de la chambre de la machine. Elles sont en outre con-

solidées par des consoles à ogives U′, boulonnées contre elles et fondues avec l'entablement.

Il est bon de faire remarquer que les manivelles des trois pistons ne doivent pas, dans le montage, se trouver exactement dans les positions relatives qu'elles occupent sur le dessin fig. 1re, à cause des points morts; on a le soin de donner à la manivelle P^2 une certaine avance sur celle P, de sorte que les pistons D et D′ sont en force, lorsque le piston B est au point mort, et que, plus tard, les pistons B et D sont encore en force, lorsque l'autre D′ est lui-même au point mort. Cette disposition rend le passage des points morts presque insensible.

Observons aussi que les manivelles, bielles et pistons des grands cylindres sont équilibrés par des contre-poids placés à la jante des engrenages correspondants. On évite ainsi les secousses qu'on remarque dans les machines où cette précaution n'a pas été prise.

Enfin les engrenages, quoique légers, font assez volant pour conserver leur vitesse normale, alors que l'un ou l'autre des grands pistons est au point mort : ainsi, il n'y a pas changement de conduite entre eux et le pignon toujours entraîné par le volant principal.

AVANTAGES DU SYSTÈME.

Nous croyons qu'on ne lira pas sans intérêt l'extrait suivant du mémoire que M. Legavrian fils, ingénieur, ancien élève distingué de l'École centrale des arts et manufactures, a présenté récemment à la Société d'encouragement.

Ce mémoire contient des considérations théoriques et pratiques sur la machine à trois cylindres que nos lecteurs sauront apprécier.

RÉGULARITÉ DE MOUVEMENT. — Les quatre raisons qui donnent à cette machine sa régularité sont :

1° Passage insensible des points morts dû à la position relative des manivelles ;

2° Volant très-efficace grâce à sa grande vitesse;

3° Équilibre des manivelles, bielles et pistons ;

4° Action des deux engrenages extrêmes comme volants.

Tout ce système est porté sur un bâti vertical reposant sur une plaque de fondation unique. Ce bâti se compose, pour les machines dont la force ne dépasse pas 60 chevaux, de deux colonnes surmontées d'un sommier et réunies par une archivolte. Le sommier porte les paliers des deux arbres extrêmes, l'archivolte celui de l'arbre du petit piston. Pour les machines plus puissantes, il y a quatre colonnes, parce que la portée de l'archivolte serait trop considérable, eu égard au poids qui est appliqué en son milieu.

Le mur de la machine porte le bout de ces arbres dans des paliers disposés à cet effet. Le volant est en dehors sur le prolongement de l'arbre du petit cylindre.

Économie de construction. — Cette nouvelle machine présente sur les machines généralement adoptées une grande économie de construction.

Sur les machines à balancier, la différence est énorme et n'a pas même besoin d'être expliquée.

Sur les machines à deux cylindres séparés (prix de 1849) la différence de poids est de moitié.

On s'en rend compte par le tableau ci-dessous :

MACHINES A TROIS CYLINDRES.	MACHINES A DEUX CYLINDRES SÉPARÉS.
Un seul bâti.	Deux bâtis.
Petit cylindre de volume 1, la vitesse étant 2.	Petit cylindre de volume 2, la vitesse étant 1.
Deux grands cylindres au lieu d'un, mais chacun de volume 1.	Un seul grand cylindre, mais de volume 2.
Un seul condenseur de volume 1, la vitesse étant 2.	Condenseur de volume 2, la vitesse étant 1.
Un volant quatre fois moins lourd, la vitesse étant 2.	Un volant quatre fois plus lourd, etc.
Tuyaux et communications plus courtes, la machine étant très-ramassée.	

Transmission plus simple, dans les filatures, la vitesse de l'arbre moteur étant déjà grande.

D'ailleurs, les prix de revient, relevés pour l'une et pour l'autre de ces machines, donnent en faveur de celles à trois cylindres une différence importante.

Enfin, sur les machines à un seul cylindre, elles doivent avoir encore l'avantage. Car, pour de grandes forces, si l'on veut comme ici produire une détente de 1/10 et dans un seul cylindre, il faut lui donner un diamètre et une hauteur considérables, et, pour régulariser le mouvement, employer un volant énorme.

L'économie de matière est donc incontestable et importante; la main-d'œuvre, au contraire, est un peu plus grande ; aussi ces machines seraient-elles moins avantageuses à construire pour de petites forces (jusqu'à 20 chevaux) où la main-d'œuvre est une fraction importante du prix de revient, que pour de grandes forces (depuis 20 chevaux).

M. Legavrian se propose de construire aussi des machines à trois cylindres horizontaux. Il réalisera ainsi une économie de matière plus notable encore.

Économie de combustible. — L'économie de combustible résulte d'une complète utilisation de la vapeur qui, pour cela, est détendue au 1/10 environ. Ici, une amélioration a été apportée, c'est la très-faible longueur des tuyaux de communication qui n'offrent à la vapeur passant de A dans C ou C′ que peu de capacité pour se détendre inutilement et peu de surface pour se condenser.

En outre, les enveloppes ajoutées aux grands comme au petit cylindre empêchent toute perte de force par condensation intérieure à chaque coup.

La fig. 7 représente la courbe indicatrice des pressions dans le petit cylindre.

Les fig. 8 et 9 les positions relatives de la petite manivelle et de l'excentrique du tiroir du petit cylindre, en rapport avec les pressions.

La fig. 10 fait voir la courbe indicatrice des pressions dans les grands cylindres.

Enfin, les tracés faits autour des arbres H^2 et H' (fig. 1) indiquent respectivement les positions relatives de la manivelle et de l'excentrique de l'un quelconque des grands cylindres, en rapport avec les pressions.

CALCULS DE LA MACHINE.

DÉTERMINATION DES COURBES DE PRESSION ET CONTRE-PRESSION.

PETIT CYLINDRE. — De 1 à 3 pleine vapeur pendant 0^m 50 de la course. Dépression de 4 atmosphères à 3 1/2 due à ce que la valve ferme une partie du tuyau d'admission ; ce qui fait que le volume de vapeur dépensé par cet orifice rétréci est incapable de remplir sans dépression le volume décrit par le piston.

De 3 à 4. Détente libre pendant 0^m 44 de la course. Le volume de pleine vapeur étant $V = \frac{25}{25}$, le volume décrit pendant la détente est $\frac{22}{25}$ V.

Calculons quelques ordonnées de l'arc d'hyperbole qui limite les pressions pendant cette période.

$$\text{Loi de Mariotte } P : x :: V + \frac{5}{25} V : V.$$

P pression de $V = 3^{at.} 50$, d'où $x = \frac{P V}{V\left(1 \frac{5}{25}\right)} = \frac{P \times 25}{30} = 2^{at.} 92$

$$x^1 = \frac{P V}{V\left(1 + \frac{10}{25}\right)} = \frac{P \times 25}{35} = \dots\dots\dots\dots\dots \quad 2 \quad 50$$

$$x^2 = \frac{P V}{V\left(1 + \frac{15}{25}\right)} = \frac{P \times 25}{40} = \dots\dots\dots\dots\dots \quad 2 \quad 1875$$

$$x^3 = \frac{P V}{V\left(1 + \frac{20}{25}\right)} = \frac{P \times 25}{45} = \dots\dots\dots\dots\dots \quad 1 \quad 944$$

$$x^4 = \frac{P V}{V\left(1 + \frac{22}{25}\right)} = \frac{P \times 25}{47} = \dots\dots\dots\dots\dots \quad 1 \quad 862$$

Cette valeur de x^4 est pour le point 4, limite de la détente.

En 4 commence l'échappement anticipé, la vapeur doit remplir presque instantanément les espaces suivants :

Conduit du petit cylindre à sa boîte.	$0^{m.c}0065$
Coquille du petit tiroir.	0 0030
Conduit d'échappement du petit cylindre.	0 0240
Tuyau de communication.	0 0145
Boîte du grand cylindre, le volume du tiroir étant déduit. . .	0 0270
Conduit du grand cylindre.	0 0200
Total.	$0^{m.c}0950$.

soit 95 litres, plus 13 litres d'espace libre du grand cylindre. En tout 108 litres, dont devrait s'accroître le volume de vapeur contenu dans le petit cylindre au point 4 de la course du petit piston, si les circonstances suivantes ne venaient diminuer cette perte.

Sur ces 108 litres, 75 sont contenus dans les conduits et boîtes indépendantes du grand cylindre. Ces conduits sont remplis de vapeur sensiblement à la même pression qu'au moment E de la course du grand piston, où la communication entre le grand cylindre et les conduits s'est fermée. Supposons, ce qui sera justifié plus tard, que cette pression soit $0^{at.}56$.

Le reste des 108 litres ou 33 litres, contenus dans le conduit du grand cylindre et ses espaces libres, a été soumis au vide, et est tombé à la pression correspondante au vide, $0^{at.}08$. Mais au point k de la course ascendante du grand piston, la communication avec le vide est fermée. A ce moment, où il reste $0^{m}31$ de la course à parcourir, il reste dans le grand cylindre un volume de vapeur

$$= \frac{\pi D^2}{4} \times 0{,}31 = 197 \text{ litres}$$

+ les 33 litres dont nous venons de parler

Soit 230 litres en tout, et à la pression du vide $0^{at.}08$.

A la fin de la compression en α, les $0^{m}31$ sont parcourus, et ce qui occupait 230 litres n'en occupe plus que 33. Donc la pression de ces 33 litres est donnée par

$$230 : 33 :: x : 0{,}08 ; \; x = 0^{at.}56.$$

Ainsi, quand l'échappement anticipé du petit cylindre commence, les conduits de capacité = 108 litres sont remplis de vapeur à $0^{at.}56$.

A ce moment le volume de vapeur du petit cylindre = 148 litres à la pression de $1^{at.}862$.

Si ce volume devait devenir 148 + 108, la pression tomberait à $1^{at.}07$.

Mais les 108 litres qui existent à la pression $0^{at.}56$ ramenées à la pression $1^{at.}30$, que l'on suppose devoir être celle que prendra le volume complet, équivalent à 46 litres.

Les 148 litres devraient donc devenir 148 + 108 — 46 = 210,

et leur pression serait

$$x = \frac{1,862 \times 148}{210} = 1^{at.}31.$$

C'est sensiblement la même que celle proposée.

Ainsi, dès le commencement, à l'échappement anticipé 4 ou α, le volume total contenu dans le petit cylindre et dans les conduits, avec la vapeur restant de l'autre coup, est égal à

256 litres à la pression $1^{at.}31$.

De α en β ou temps de contre-vapeur au grand cylindre, le petit piston décrit encore 3 centimètres dont le volume est d'environ 5 litres, ce qui amène le volume total à 261 litres et sa pression à $1^{at.}28$.

De β en γ la course du piston s'achève et le grand décrit $0^{m}025$.

Le volume devient donc petit cylindre, total.	171 litres.
Conduits de capacité constante.	108
Volume décrit par le grand $\frac{\pi D^2}{4} \times 0,025 =$	16
Donc en γ, total.	295 litres,

dont la pression $x = \frac{261 \times 1,28}{295} = 1^{at.}132$.

Au delà le petit piston remonte, tandis que le grand continue à descendre.

Pendant cette période, il faut voir quels sont les volumes décrits par le petit piston pour des angles représentés par 1 et quels sont les volumes décrits par le grand piston pour des *angles* 1/2 parcourus dans le même temps par la grande manivelle.

Lorsque la petite manivelle a décrit l'arc (1-2) le petit piston est remonté de 0,02; volume décrit $\frac{\pi D^2}{4} \times 0,02 = 4$ litres.

Le grand piston est descendu en tout de 0,05, le volume décrit est de 30 litres.

$$\text{Donc, le volume total} = 171 - 4 + 108 + 30 = 305.$$

$$\text{Et la pression} = \frac{295 \times 1,132}{305} = 1^{at.}094.$$

La petite manivelle étant à 3, le petit piston est remonté, *en tout*, de $0^{m}09$, le volume = 14 litres.

Le grand est descendu en tout de $0^{m}09$, le volume = 57 litres.

$$\text{Donc, le volume total} = 171 - 14 + 108 + 57 = 322.$$

$$\text{et la pression} = \frac{295 \times 1{,}132}{322} = 1^{at.}037.$$

Au point 4, le petit piston est remonté, en tout, de $0^m 195$ volume décrit; 31 litres.

Le grand est descendu de $0^m 14$, le volume = 89 litres.

Donc le volume total = 171 — 31 + 108 + 89 = 337 litres.

$$\text{Et la pression} = \frac{295 \times 1{,}132}{337} = 0^{at.}99.$$

En 5, le petit piston est remonté en tout de $0^m 325$, le volume décrit est alors de 51 litres.

Le grand est descendu de $0^m 195$; le volume = 124 litres.

Donc le volume total = 171 — 51 + 108 + 124 = 352 litres.

$$\text{Et la pression} = \frac{295 \times 1{,}132}{352} = 0^{at.}948.$$

En 6, le petit piston est remonté, en tout, de $0^m 465$, le volume décrit est alors de 74 litres.

Le grand est descendu de $0^m 26$, le volume = 165 litres.

Donc, le volume total = 171 — 74 + 108 + 165 = 370 litres.

Et la pression = $0^{at.}903$.

En 7, le petit piston est remonté, en tout, de $0^m 615$, le volume décrit devient 98 litres.

Le grand est descendu de $0^m 33$, son volume = 210 litres.

Donc, le volume total = 171 — 98 + 108 + 210 = 391 litres.

Et la pression = $0^{at.}854$.

En 8, le petit piston est remonté de $0^m 75$, le volume = 116 litres.

Le grand est descendu de $0^m 41$, le volume = 260 litres.

Donc le volume total = 171 — 116 + 108 + 260 = 423 litres.

Et la pression = $0^{at.}79$.

Enfin, en 9, le petit piston est remonté de $0^m 87$, le volume décrit est de 138 litres.

Le grand est descendu de $0^m 49$, le volume = 311 litres.

Donc le volume total = 171 — 138 + 108 + 311 = 452 litres.

$$\text{Et la pression} = \frac{295 \times 1{,}132}{452} = 0^{at.}74.$$

A partir de ce moment, le petit cylindre, qui ne renferme plus que

171 — 138 = 33 litres + dans son conduit 7 litres,

soit en tout 40 litres à la pression $0^{at.}74$,

entre dans la période de *compression*.

Au point *n* le petit piston a décrit 0^m05, le volume = 8 litres, ce qui réduit les 40 litres à 32 et porte la pression à $0^{at.}92$.

Au point 2 le petit piston a décrit 0^m115, le volume = 18 litres, ce qui réduit les 40 litres à 22 et porte la pression à $1^{at.}35$.

Au point *y* il a décrit 0^m17, le volume = 27 litres, ce qui réduit les 40 litres à 13 et porte la pression à $2^{at.}27$.

Au point 8 il a décrit 0^m21, le volume se réduit de 40 litres à 8 et la pression est portée à $3^{at.}70$.

Enfin à ce point 8 la contre-vapeur commence dans le petit cylindre et la pression s'élève à 4 atmosphères.

GRANDS CYLINDRES. — Nous avons vu quelles sont les pressions décroissantes sur le grand piston jusqu'au point 7. Arrivé là, le grand piston marche sous l'action de la détente de la vapeur qui est dans le grand cylindre, dans son conduit et dans la boîte, moins le conduit du petit cylindre.

Le grand piston est descendu en ce moment de 0^m49, il contient donc 311 litres, son conduit en contient 20 et le reste des conduits moins celui du petit cylindre, soit 80 litres.

En tout 411 litres à la pression de $0^{at.}74$.

A 7' le grand piston a marché de 0^m06, soit 38 litres

$$\text{la pression} = \frac{411 \times 0.74}{449} = 0^{at.}67.$$

A 7² il a marché de 0,12, soit 76 litres,

la pression tombe à $0^{at.}62$.

A 7³ il a marché de 0,18, soit 114 litres,

la pression tombe à $0^{at.}58$.

Arrivé en *e*, il a marché de 0^m24, soit 152 litres,

la pression tombe à $0^{at.}54$.

M. Legavrian avait supposé $0^{at.}56$, au commencement de ce calcul, cette hypothèse se réalise donc sensiblement.

A partir de *e* le grand tiroir se ferme, les tuyaux et les boîtes restent pleins de vapeur à $0^{at.}54$, il reste dans le grand cylindre 464 litres, et dans son conduit 20, qui vont se détendre seuls jusqu'au point *m*. Ils sont à la pression de $0^{at.}54$, soit 484 litres en tout.

De e' en m le piston a décrit $0^{m}135$, le volume = 86 litres,

$$\text{la pression} = \frac{484 \times 0,54}{570} = 0^{at.}46.$$

En e^2 il a décrit $0^{m}27$, le volume = 172 litres,

la pression tombe à $0^{at.}40$.

En e^3 il a décrit $0^{m}415$, le volume décrit = 258 litres,

la pression tombe à $0^{at.}35$.

En m il a décrit $0^{m}55$, le volume = 340 litres,

et la pression tombe à $0^{at.}30$.

Là finit la détente de m en x, échappement anticipé au vide. La pression tombe de $0^{at.}30$ à $0^{at.}08$, pression du vide qui, on l'a constaté, est de six centimètres de mercure au plus.

De x en k, échappement libre, *ligne droite*.

En k, le cylindre ne contient plus que $\frac{\pi D^2}{4} \times 0^{m}31$, soit 197 litres, plus l'espace libre qui en contient 13 litres + le conduit de 20 litres.

Soit en totalité 230 litres à la pression $0^{at.}08$; la période de compression commence.

En d, le piston a décrit $0^{m}12$, il ne contient plus que

197 — 76 litres = 121 litres, soit en tout 121 + 33 = 154 litres.

$$\text{La pression} = \frac{230 \times 0,08}{154} = 0^{at.}12.$$

En d', le grand piston a décrit $0^{m}20$; il ne contient plus que

197 — 127 = 70 litres.

En tout 70 + 33 = 103 litres, dont la pression s'élève à $0^{at.}18$.

En c, il a décrit $0^{m}28$. Le cylindre ne contient plus donc que

197 — 178 = 19 litres.

En tout 19 + 33 = 52 litres dont la pression s'élève à $0^{at.}35$.

Enfin, en a il a décrit $0^{m}31$, le cylindre ne contient plus en tout que 33 litres environ dont la pression s'élève à $0^{at.}56$.

Ici la contre-vapeur arrive et la pression remonte à $1^{at.}31$.

Telles sont toutes les ordonnées ou pressions.

Les abscisses sont données par les longueurs limitées entre les chiffres ou lettres marqués sur l'épure.

Les courbes de pressions et contre-pressions sont donc déterminées

exactement, si on suppose la loi de Mariotte rigoureusement applicable.

Cela n'est pas tout à fait vrai, car en réalité les pressions décroissent un peu moins rapidement qu'en raison inverse des volumes.

Les surfaces de travail ainsi déterminées par M. Legavrian fils sont donc des minima.

L'excès qui aurait lieu en pratique est supposé compensé par les condensations inévitables de vapeur dans les conduits, condensations dont cet ingénieur n'a pu tenir compte.

DIMENSIONS PRINCIPALES DE LA MACHINE.

Voici les dimensions de la machine, nécessaires pour évaluer le travail théorique développé par chaque piston :

PETIT PISTON. — Diamètre	$0^{m}45$
Course	$1^{m}08$
Surface	$0^{mq}1590$ ou 1590^{cq}.
Vitesse par 1″	$1^{m}80$.
Volume	171 lit.
Pression moyenne par cent. carré	$1^{k}899$.
Nombre de coups simples par 1′	100
Longueur de la bielle	$3^{m}03$
Course du tiroir	$0^{m}185$
Longueur de sa bielle	$2^{m}10$
Avance angulaire	48° 30′
GRAND PISTON. — Diamètre	$0^{m}90$
Course	$1^{m}35$
Surface	$0^{mq}6359$ ou 6359^{cq}.
Vitesse par 1″	$1^{m}125$.
Volume	857 lit.
Pression moyenne par cent. carré	$0^{k}539$.
Nombre de coups simples par 1′	50
Longueur de la bielle	$3^{m}88$
Course du tiroir	$0^{m}21$
Longueur de sa bielle	$2^{m}27$
Avance angulaire	42° 30′
Avance de la manivelle sur celle du petit cylindre	17° 30′

Sur ces données, M. Legavrian fils trouve par le calcul que la puissance théorique de la machine s'élève à 124 chevaux (1).

Soit 72 chevaux pour le travail du petit piston par 1″.

Et 52 chevaux pour le travail des grands pistons.

Si nous comparons, dit-il, ces résultats à ceux offerts par la machine

(1) Nous devons renvoyer pour ces calculs aux théories que nous avons exposées dans les précédents volumes et particulièrement dans le IIIe et le VIIe.

présentée au concours de 1849 et expérimentée par M. Le Chatellier, nous voyons :

Que, dans cette machine, le rapport du travail du grand cylindre à celui du petit était seulement

$$\frac{1386}{3526}, \text{ soit environ } 0{,}39,$$

tandis que pour la machine à trois cylindres, si on l'assimilait à une machine jumelle formée de deux petits cylindres et de deux grands,

$$\text{le rapport serait : } \frac{26}{36} = 0{,}72.$$

« Cette différence énorme en faveur de la nouvelle machine est due :

1° Aux enveloppes des grands cylindres ;

2° A la faible longueur des tuyaux de communication ;

3° A la détente de 1/10 qui se fait en grande partie dans le grand cylindre.

« Il est très-important que le grand cylindre donne un travail considérable. En effet, il est très-rare que le petit piston soit parfaitement étanche. Ici la vapeur qui pourra passer, par suite de cette imperfection, ne sera pas perdue, mais ira agir dans l'un ou l'autre des grands cylindres.

« Au contraire, dans les machines à un seul cylindre à détente et à condensation, toute cette vapeur qui fuit passe au vide, et est complétement perdue. »

FORCE RÉELLE DE LA MACHINE DÉCRITE ET COMPARÉE A SA FORCE NOMINALE.

« La théorie donne 124 chevaux de travail développé sur les pistons.

« On est dans l'habitude, dit M. Legavrian fils de diminuer de 0,20 le travail théorique ainsi calculé, pour avoir celui disponible sur l'arbre moteur (1).

« Ce serait donc : $124 \times 0.20 = 99{,}2$ chevaux,
disponibles sur l'arbre de la machine
ou 1/4 de travail de plus que celui pour lequel elle est vendue.

« C'est, du reste, la coutume dans le Nord, de donner aux machines une puissance réelle plus grande d'un quart environ que leur puissance nominale.

« Quoi qu'il en soit, cette machine de 100 chevaux, livrée seulement pour la force nominale de 80, ne pèse, sans sa chaudière, que 35,000 kilog.

« Elle marche avec la plus complète régularité, et tout permet de croire que sa consommation de combustible n'excède pas 1 kil. 1/2 par heure et par cheval. »

(1) Nous avons fait voir, dans les différents systèmes de machines à vapeur décrites précédemment, qu'il est prudent de réduire de 33 à 40 pour 0/0 la force théorique, pour la puissance réelle à produire sur l'arbre moteur. Il y a des constructeurs qui admettent même une réduction plus considérable, surtout pour les machines de petite force.

CONSTRUCTION DES MACHINES.

DIMENSIONS DES COURROIES, DES POULIES ET DES CONES

EMPLOYÉS DANS LES TRANSMISSIONS DE MOUVEMENT.

DIVERS SYSTÈMES DE POULIES. — MODÈLES. — MOULAGE. POULIES EXTENSIBLES. — POULIES A GORGE.

Par M. ARMENGAUD aîné,

INGÉNIEUR A PARIS.

(PLANCHES 32 ET 33.)

L'emploi des poulies, des cônes et des tambours pour les transmissions de mouvement dans les machines, est devenu tellement général, qu'il comprend avec les engrenages, chez la plupart des constructeurs, la principale partie du matériel des modèles que l'on conserve précieusement en magasin. Il n'existe pas, en effet, de procédé plus simple, d'organes moins dispendieux pour transmettre, à l'aide de courroies, de certains efforts, avec des vitesses déterminées, à des axes donnés placés à des distances plus ou moins considérables. Dans bien des cas, ce sont les agents mécaniques les plus convenables, les plus faciles à établir, et ceux qui demandent le moins de combinaisons. Il suffit qu'ils soient dans des proportions exactes, d'une part pour obtenir les vitesses nécessaires, de l'autre pour communiquer par la courroie la puissance voulue.

Ce mode de transmission, bien établi, a le mérite d'être très-doux, de ne pas causer de bruit ni de secousses en marchant, d'être généralement d'un faible poids comparativement à la force transmise; et de ne pas présenter de chance de rupture, comme les dentures d'engrenages. Aussi, dans bien des circonstances, on est arrivé à remplacer, dans ces derniers temps, les roues dentées par des courroies et des poulies, même pour des efforts assez considérables, comme nous en donnerons des exemples.

Il est utile toutefois, pour qu'un tel système présente tous les avantages

que l'on doit en attendre, de remplir plusieurs conditions essentielles sans lesquelles on n'atteindrait pas le but. Ainsi, en ne donnant pas aux poulies les diamètres convenables, les vitesses ne seraient pas obtenues dans le rapport voulu; de même, en les faisant trop étroites de jante pour correspondre à la puissance ou à la résistance, la courroie pourrait glisser sur elles; si, au contraire, les dimensions étaient trop grandes, ce serait de la matière employée en pure perte, et par suite aussi un surcroît de charge inutile.

Les questions relatives à l'établissement d'une transmission par courroie et poulie peuvent se résumer aux suivantes :

1° Déterminer le rapport qui doit exister entre les diamètres extérieurs des poulies, selon les vitesses de rotation des axes qui les portent;

2° Calculer les dimensions de la courroie, en raison de la force à transmettre, et par suite le diamètre absolu de l'une des poulies;

3° Trouver de même les proportions des diverses parties principales de chaque poulie, par rapport à la largeur de la courroie.

Ce sont ces diverses questions que nous allons d'abord résoudre pratiquement, par des règles simples, des tracés et des tables, qui, comme nous l'avons fait voir, ont le mérite de simplifier le travail; nous entrerons ensuite dans les détails de construction concernant ces précieux organes, et nous terminerons par la description des différents systèmes particuliers que l'on applique avec avantage dans certains cas.

RAPPORT DES DIAMÈTRES.

On a vu précédemment, en traitant des engrenages (page 172), que les diamètres ou les rayons des cercles primitifs sont en raison inverse de leurs vitesses rotatives. Il en est de même des poulies; par conséquent, il suffit, pour la relation entre les diamètres et les vitesses de rotation, d'établir la proportion inverse suivante :

$$D : d :: N : n$$

D étant le diamètre de la grande poulie,

d celui de la plus petite,

N le nombre des révolutions de l'arbre qui porte cette dernière,

Et n celui de l'arbre portant la première.

De cette proportion on peut toujours déduire la quantité inconnue, lorsqu'on connaît les trois autres.

Exemple. — Quel est le diamètre à donner à la circonférence d'une poulie qui doit faire 60 révolutions par minute, lorsque celle avec laquelle elle est en communication, par une même courroie, a un diamètre de 0^m80, et tourne à la vitesse de 45 tours dans le même temps?

On a évidemment $0^m\,80 : d :: 60 : 45$

$$\text{D'où } d = \frac{0.80 \times 45}{60} = 0^m 60$$

Ainsi le diamètre cherché de la poulie qui marche à la plus grande vitesse est de 0m 60. On verra plus loin qu'il importe de ne pas donner aux poulies des dimensions trop réduites, pour éviter le glissement et l'usure des courroies. Il est utile pour cela de déterminer d'abord la largeur qu'il convient de fixer à ces dernières.

LARGEUR DES COURROIES.

On comprend sans peine que la courroie qui met deux poulies en communication est directement soumise à l'effort à transmettre, effort que l'on exprime encore de la même manière que dans les engrenages, c'est-à-dire :

En divisant la force transmise exprimée en kilogrammètres par la vitesse, ou l'espace parcouru en mètres par seconde, mesurée à la circonférence extérieure des poulies;

On en déduit alors la largeur de la courroie d'après la résistance propre du cuir à la traction (1).

Mais si l'on observe l'action des courroies sur leurs poulies, on trouve que l'effort qu'elles sont capables de transmettre dépend surtout du frottement développé à la surface de ces dernières, et par suite d'une certaine tension donnée préalablement à la courroie; sans cette tension, celle-ci glisserait et n'entraînerait pas sa poulie; par conséquent, elle ne transmettrait rien.

Le problème, de simple qu'il pouvait paraître tout d'abord, devient par cela même très-complexe; il peut s'énoncer ainsi :

Quelle tension primitive doit-on donner à une courroie devant transmettre un effort donné, pour que le frottement développé à la surface des poulies soit supérieur à cet effort?

Les auteurs des traités de mécanique qui se sont occupés des transmissions de mouvement, et particulièrement MM. Poncelet et A. Morin, ont résolu le problème d'une manière rigoureuse dans ses applications aux poulies, et aux tambours ou aux treuils en bois sur lesquels on enroule des cordes pour arrêter ou soutenir des corps pesants. Les formules qu'ils ont établies sont basées sur la loi suivante :

L'effort nécessaire pour faire glisser une corde ou courroie qui entoure un tambour fixe, et qui soutient un poids donné, est égal à ce poids, plus

(1) Nous ne pouvons examiner ici que les courroies en cuir qui sont en usage le plus généralement dans les ateliers de construction, dans les fabriques et dans les manufactures. Les courroies composées en toiles caoutchoutées, en gutta-percha, ou en d'autres matières n'ont pas été jusqu'alors suffisamment expérimentées, et ne sont pas encore adoptées.

une quantité résultant du frottement, et qui croît comme la puissance marquée par le nombre de points en contact, ce qui revient à dire :

L'effort T, capable de soulever le poids P (fig. 1, pl. 32), surmontant la résistance développée de 1 à 6 pour le frottement, est égal au poids P, plus le frottement qui résulterait du simple contact de 1 à 2, élevé à la sixième puissance.

On peut dire également :

Le nombre des points de contact croissant en progression arithmétique, la résistance croît en progression géométrique.

Les recherches auxquelles M. A. Morin s'est livré sur ce sujet lui ont fourni les résultats suivants, que nous empruntons à son excellent ouvrage (1) :

1° Quand les courroies sont convenablement tendues, elles ne glissent point et transmettent la vitesse dans un rapport constant et inverse des diamètres des tambours ;

2° Dans la transmission du mouvement d'un axe à un autre, par des cordes ou courroies sans fin, la somme des tensions des deux brins reste constante ; de sorte que, quand le brin conducteur se surtend, le brin conduit se détend de la même quantité, et la somme des tensions de ces deux brins est la même que quand la machine est au repos.

M. Morin a déduit de ses expériences une formule algébrique, et par suite un tableau à l'aide duquel on peut calculer la tension des courroies ou des cordes, dans tous les cas possibles.

En résumant ses observations, on trouve que, dans les dispositions les plus générales des transmissions par courroies, le rapport du frottement à la traction exercée par la tension primitive se rapproche beaucoup d'être proportionnel à l'angle suivant lequel les poulies sont enveloppées, en tant toutefois que l'on se renferme dans les limites ordinaires, qui, du reste, varient peu en pratique du 1/4 aux 3/4 ; en conséquence, nous avons cherché à établir une formule simple basée sur cette considération, avec l'espoir que, fournissant des dimensions suffisamment exactes dans sa construction, elle pourrait être facilement adoptée, à cause de sa grande simplicité.

Mais, pour bien la faire comprendre, nous croyons nécessaire d'entrer à ce sujet dans quelques explications.

La fig. 1 *bis* (pl. 32) représente deux poulies en fonte polie d'égal diamètre, réunies par une courroie A B qui les enveloppe simplement sur la moitié de leur circonférence.

La première E est supposée devoir commander la seconde F ; elles marchent d'ailleurs toutes deux dans le même sens, celui indiqué par les flèches.

(1) Cet ouvrage a pour titre : *Aide-mémoire de mécanique pratique à l'usage des sous-officiers d'artillerie et des ingénieurs civils et militaires.*

La partie A de la courroie s'appelle le *brin conducteur*, et l'autre B, le *brin conduit*.

Ceci posé, la résistance qui s'oppose à la rotation de la poulie F est comparable à un poids P suspendu à une corde qui s'enroulerait sur un tambour de même diamètre; le frottement, développé à la circonférence des deux poulies, doit être au moins égal au poids P, afin que la courroie entraîne ces poulies sans glisser; ce frottement est déterminé par une tension primitive donnée à la courroie, tension que l'on peut trouver de la manière suivante :

En représentant par P, la résistance à la circonférence de la poulie ou le travail effectif à produire;

Par c, le dénominateur de la fraction exprimant le rapport de la circonférence entière à l'arc enveloppé;

Et par a, le numérateur de la même fraction;

Si nous renvoyons au tableau de M. Paul Heilmann, publié dans le tome IIIe de ce Recueil (pag. 11 et 12) et aux considérations qui ont amené l'auteur à le calculer, on trouve que les rapports qu'il fournit dans les limites que nous adoptons du 1/4 aux 3/4 peuvent être sensiblement reproduits par la formule

$$P' = \left(P \times \frac{c}{a}\right) + \left(\frac{P}{5} \times \frac{a}{c}\right) \qquad [1]$$

laquelle peut subir successivement les transformations suivantes :

$$P' = \frac{Pc}{a} + \frac{Pa}{5c} = \frac{P5c^2}{5ac} + \frac{Pa^2}{5ac} = \frac{P5c^2 + Pa^2}{5ac}$$

$$\text{et enfin } P' = P\left(\frac{5c^2 + a^2}{5ac}\right). \qquad [2]$$

La valeur de P' est le poids qui est capable de développer un frottement égal à P sur une poulie dont la circonférence est enveloppée dans le rapport $\frac{a}{c}$; c'est-à-dire que les deux brins de la courroie devraient éprouver une tension primitive, minimum

$$\text{égale à } \frac{P'}{2},$$

tension qui produit à la surface extérieure des poulies un frottement égal à P, et correspondant à la quantité de circonférence enveloppée par la courroie.

Mais le brin conducteur devant se surtendre d'une quantité égale à l'effort P à produire, la somme de tension devient

$$S = P' + P; \qquad [3]$$

et par conséquent

$$T' = \frac{P' + P}{2} \qquad [4]$$

pour chaque brin à l'état de repos.

Cette dernière valeur est la tension primitive que doit recevoir la courroie.

La tension maximum, éprouvée pendant la marche, par le brin conducteur devient nécessairement :

$$T = \frac{P' + P}{2} + \frac{P}{2}$$

$$\text{ou simplement } T = \frac{P' + 2P}{2}, \qquad [5]$$

à laquelle tension la courroie devra être capable de résister, sans se rompre ni même s'allonger sensiblement.

Pour bien faire comprendre ces notions, prenons un exemple :

Quelle est la tension maximum d'une courroie disposée comme dans le cas indiqué sur la fig. 1, en admettant que P soit égal à 100 kil., que les poulies soient de même diamètre, et par conséquent enveloppées sur la moitié de leur circonférence, et que la courroie soit directe ou non croisée ?

On aurait alors :

$$P = 100^{k}$$

$$\left.\begin{array}{l} c = 2 \\ a = 1 \end{array}\right\} \text{donc } \frac{a}{c} = \frac{1}{2}$$

et par suite, d'après ce qui précède [2],

$$P' = 100 \times \frac{(5 \times 4) + 1}{5 \times 1 \times 2} = 100 \times \frac{21}{10} = 210$$

La somme des tensions des deux brins A et B devient [3] :

$$S = 210 + 100 = 310 \text{ kil.}$$

La tension de chaque brin, au repos, égale [4] :

$$T' = \frac{310}{2} = 155 \text{ kil.}$$

Enfin, la tension maximum T [5] :

$$T = \frac{210 + (2 \times 100)}{2} = \frac{410}{2} = 205 \text{ kil.}$$

C'est ce dernier chiffre qui sert de base à la détermination de la largeur de la courroie. Il suffit alors de connaître la résistance du cuir à la traction.

Or, on sait que pour être dans de bonnes conditions on ne la porte pas à plus de 20 kilogr. par centimètre carré, c'est-à-dire qu'on peut lui faire supporter cette charge avec sécurité dans la pratique, sans crainte de

rupture ou d'allongement sensible. On suppose que l'épaisseur de la courroie est toujours la même, égale à 5 millimètres environ.

Sa largeur C, en centimètres, se trouve alors par la relation suivante :

$$C = \frac{T}{20} \times 2 = \frac{205 \times 2}{20} = 20^{c}5 \qquad [6]$$

Ainsi, la largeur de la courroie est de $20^{c}5$ ou 205 millimètres.

Il est remarquable qu'en adoptant 20 kilog. pour la résistance du cuir, et 5 millimètres pour son épaisseur, la largeur des courroies est égale en millimètres à la tension T, énoncée en kilogrammes.

Si la courroie avait été croisée, comme on l'a indiqué en C et D (fig. 1 *bis*), les poulies se trouvant enveloppées sur une plus grande partie de leur circonférence, le rapport du frottement à la pression diminue, ce qui revient à dire que pour obtenir une même adhérence, les courroies doivent être moins tendues.

D'après les dimensions adoptées sur le tracé, les poulies sont enveloppées sur les 2/3 de leurs circonférences. Si nous cherchons dans ce cas quelle serait la tension T, on trouve [2] :

$$P' = 100 \times \frac{(5 \times 9) + 4}{5 \times 2 \times 3} = \frac{100 \times 49}{30} = 163{,}3$$

et par suite [5] :

$$T = \frac{163{,}3 + (2 \times 100)}{2} = \frac{363{,}3}{2} = 181^{kil}6.$$

La largeur de la courroie n'aurait plus que $18^{c}16$, soit 182 millimètres.

Quant à la traction totale sur les axes des poulies, elle est inférieure à la somme P' + P [3], suivant le rapport de *ed* à *df* (fig. 1 *bis*), c'est par ce rapport qu'on doit multiplier P' + P pour avoir cette traction,

$$\text{soit } S' = P' + P \times \frac{ed}{fd}. \qquad [7]$$

Ceci revient aussi à faire le produit de P' + P par le cosinus de l'angle *edf*.

Dans l'exemple présent, les poulies étant enveloppées des 2/3 de leurs circonférences, l'angle *edf* est de 30 degrés, son cosinus égal 0,866.

On a par conséquent

$$S' = 163{,}3 + 100 \times 0{,}866 = 228 \text{ kil.}$$

D'après les données précédentes, nous avons calculé un tableau numérique qui donne les tensions maxima supportées par les courroies, et leurs largeurs correspondantes, pour des efforts de 10 à 200 kilogrammes, en supposant les poulies enveloppées sur 1/4, 1/3, 1/2, 2/3 ou 3/4 de leurs circonférences : ce sont, en général, les limites les plus ordinaires dans lesquelles ont lieu ces sortes de transmissions.

TABLE

SERVANT A DÉTERMINER LA LARGEUR DES COURROIES, LA PRESSION EXERCÉE SUR LES AXES DES POULIES D'APRÈS LA PUISSANCE A TRANSMETTRE ET LA QUANTITÉ DE CIRCONFÉRENCE ENVELOPPÉE

Pression primitive P en kilog.	L'enveloppement ou le rapport $\frac{e}{c}$ étant supposé de : 1/4 — Pression sur les axes P' + P	1/4 — Largeur de la courroie en mill.	1/3 — Pression sur les axes P' + P	1/3 — Largeur de la courroie en mill.	1/2 — Pression sur les axes P' + P	1/2 — Largeur de la courroie en mill.	2/3 — Pression sur les axes P' + P	2/3 — Largeur de la courroie en mill.	3/4 — Pression sur les axes P' + P	3/4 — Largeur de la courroie en mill
	k.		k.		k.		k.		k.	
10	51	30	41	25	31	21	26	18	25	17
15	76	45	61	38	47	31	40	27	37	26
20	101	61	81	51	62	41	53	36	50	35
25	126	76	102	63	78	51	66	45	62	44
30	156	91	122	76	93	62	79	55	74	52
35	177	106	142	89	109	72	92	64	87	61
40	202	121	163	101	124	82	106	73	99	70
45	227	136	183	114	140	92	119	82	112	78
50	253	151	203	127	155	103	132	91	124	87
55	278	166	224	139	171	113	145	100	136	96
60	303	182	244	152	186	123	158	109	149	104
65	328	197	264	165	202	133	172	118	161	113
70	354	212	285	177	217	144	185	127	174	122
75	379	227	305	190	233	154	198	136	186	131
80	404	242	325	203	248	164	211	146	199	139
85	429	257	346	215	264	174	224	155	211	148
90	455	272	366	228	279	185	238	164	223	157
95	480	287	386	241	295	195	251	173	236	165
100	505	302	407	253	310	205	263	182	248	174
110	»	»	448	279	341	226	290	200	273	191
120	»	»	488	304	372	246	317	218	298	209
130	»	»	»	»	403	267	343	236	322	226
140	»	»	»	»	434	287	369	255	347	244
150	»	»	»	»	465	308	395	273	372	261
160	»	»	»	»	»	»	422	291	397	278
170	»	»	»	»	»	»	448	309	422	296
180	»	»	»	»	»	»	»	»	446	313
190	»	»	»	»	»	»	»	»	471	330
200	»	»	»	»	»	»	»	»	496	348

Observations. — Le cuir est supposé avoir une épaisseur de 5 millimètres.
Sa résistance est limitée à 20 kil. par centimètre carré.
Les formules employées pour calculer la table sont :

$$P' = \frac{5c^2 + e^2}{5ec} P$$

$$T = \left(\frac{5c^2 + e^2}{10ec} + 1 \right) P$$

$$\text{D'où } T = \frac{P' + 2P}{2}$$

La largeur C de la courroie exprimée en millimètres est égale à la tension T exprimée en kilogr.

Cette table peut être remplacée par le tableau graphique représenté sur la fig. A, pl. 32, analogue à ceux que nous avons déjà donnés précédemment.

L'échelle supérieure BC indique la largeur des courroies de 0 à 300 millimètres, la verticale A B désigne les pressions données P de 0 à 250 kil. ; et les obliques qui partent de A correspondent à l'enveloppement de la circonférence des poulies aux mêmes degrés que ci-dessus, 1/4, 1/3, 1/2, 2/3 et 3/4.

Si on voulait trouver avec ce tableau la largeur d'une courroie qui doit transmettre un effort de 100 kilog., par exemple, en supposant les poulies à moitié enveloppées, il suffirait de suivre l'horizontale correspondante à cette pression de 100 jusqu'à son point d'intersection *a* avec l'oblique 1/2; et la longueur de cette horizontale mesurée depuis la verticale A B jusqu'au point *a*, donne la longueur cherchée, laquelle étant reportée sur l'échelle supérieure BC, est égale à 205 millimètres. On a trouvé plus haut que la table numérique donne le même résultat pour les mêmes conditions.

On verra plus loin l'usage des autres lignes indiquées sur le même tableau graphique fig. A.

VITESSE DES COURROIES.

La tension que doit recevoir une courroie a évidemment pour effet de tendre à rapprocher les axes des poulies ; et si cette tension est considérable, il en résulte un frottement très-nuisible de leurs tourillons dans les *collets* ou coussinets proprement dits.

Il convient donc de donner aux poulies des diamètres tels que la vitesse à la circonférence devienne assez considérable pour donner à l'effort P une valeur convenable : on comprend, du reste, qu'on doit faire cette appréciation pour rester dans les limites possibles de la dimension du cuir employé pour les courroies.

Le calcul suivant a pour but de fixer autant que possible la vitesse que les courroies doivent posséder pour transmettre des efforts donnés, exprimés en kilogrammètres.

Appelant V cette vitesse en mètres par seconde,

Et K l'effort à produire en kilogrammètres,

Nous faisons

$$V = 0{,}0065\,K + 0^{m}5. \qquad [8]$$

Ainsi, en multipliant le nombre de kilogrammètres par 0,0065, et en ajoutant un demi-mètre au produit, le résultat donne la vitesse cherchée.

Il est évident que quand on connaît la vitesse de la courroie et le nombre de révolutions que doit faire la poulie, on peut facilement connaître le diamètre de celle-ci.

PREMIER EXEMPLE. — On demande d'une part la vitesse d'une courroie qui doit commander l'axe d'un tour absorbant une force de 0,2 de cheval-vapeur ou 15 kilogrammètres, et de l'autre, le diamètre de la poulie montée sur cet axe? On suppose que ladite courroie est croisée et que la poulie est embrassée sur 2/3 environ de la circonférence et doit tourner à la vitesse de 80 révolutions par minute.

On a $$V = (0{,}0065 \times 15) + 0^{m}5 = 0^{m}597$$

pour la vitesse de la courroie par seconde.

L'effort P devient alors

$$P = \frac{15}{0{,}597} = 25^{k}1.$$

La largeur de la courroie, d'après la table qui précède, pour un enroulement de 2/3, est égale sous cette pression à 45 millimètres.

Puisque l'axe fait 80 tours par minute, le diamètre de la poulie sera nécessairement égal à

$$D = \frac{0{,}597 \times 60}{80 \times 3{,}1416} = 0^{m}142.$$

Ainsi, le diamètre de la poulie ne peut être inférieur à $0^{m}14$.

DEUXIÈME EXEMPLE. — Soient encore : l'effort à produire K = 1500 kilogrammètres ou 20 chevaux.

La vitesse à donner à la courroie, $V = 10^{m}25$.

La circonférence de la poulie étant embrassée sur les 2/3,

On trouve par ce qui précède :

Le diamètre de la poulie $D = 6^{m}52$;

La pression à la circonférence P = 230 kilog.

Largeur de la courroie C = 317 mill.

La ligne oblique V du tableau graphique (fig. A) représente le calcul de cette vitesse pour des efforts de 0 à 1000 kilogrammètres sur l'échelle verticale C D ; celle inférieure D A indique les vitesses cherchées.

Ainsi, en opérant de la même manière que précédemment, pour la largeur des courroies, on trouverait, pour un effort de 600 kilogrammètres, par exemple, une vitesse minimum de $4^{m}40$.

TENDEURS APPLIQUÉS AUX COURROIES.

Il arrive fréquemment dans l'établissement des transmissions par courroies, que les axes des poulies sont susceptibles de varier de position, ce qui tend à changer la tension de la courroie ; on a quelquefois besoin également d'arrêter le mouvement de l'une d'elles, sans suspendre l'action du moteur, ou faire usage d'un débrayage ordinaire.

Dans l'un comme dans l'autre cas, on emploie un rouleau de tension

sollicité par un poids, et que l'on appelle *tendeur*, dont l'effet est d'exercer une pression latérale sur la courroie dans ces différentes variations de position ; ou d'en suspendre complétement l'action, à volonté, en supprimant le poids momentanément.

Une telle disposition est surtout nécessaire dans les machines dont le travail ou la résistance est variable à chaque instant, comme dans les scieries mécaniques, par exemple, dans les moulins et d'autres appareils.

Un tendeur a ordinairement la forme d'une poulie, qui se trouve placée à l'extrémité d'un levier, agissant comme un rayon autour d'un axe fixe ; le tendeur s'applique sur le brin moteur ou conducteur de la courroie, comme on le voit en G (fig. 1 *bis*).

L'action communiquée au tendeur par le poids, et par suite à la courroie, doit être capable de donner à cette dernière la tension exigée. On trouvera l'intensité de cette action de la manière suivante :

Si la pression du tendeur peut s'exercer sur la courroie, suivant la bissectrice $g\,g'$ de l'angle $h\,g\,h'$, formé par l'inflexion de la courroie, elle devra être égale :

Au produit de la somme des tensions $P' + P$ par le rapport $\frac{g\,g'}{g\,h}$ du parallélogramme formé sur la courroie infléchie.

Si cette pression devait au contraire s'exercer hors de la direction de la bissectrice de l'angle hgh', suivant gj, par exemple, elle deviendrait égale :

Au produit de la précédente par le rapport $\frac{g\,j}{g\,g'}$,

$g\,j$ étant obtenu en menant par le point g' une perpendiculaire à $g\,g'$.

Si, dans ce tracé, $h\,g$ et $g\,h'$ représentaient chacune la moitié de $P' + P$, à une unité quelconque, les lignes $g\,g'$ et $g\,j$ correspondraient, et sans calcul, aux quantités cherchées.

On peut résumer ainsi l'action des courroies sur les poulies :

1° Le frottement développé à la circonférence des tambours ou des poulies *est proportionnel à la pression exercée par la tension primitive des brins ;*

Il dépend aussi de l'angle suivant lequel les poulies sont enveloppées ;

Et il est d'ailleurs modifié par la nature et l'état des surfaces en contact ;

2° Le frottement est indépendant du diamètre de la poulie et de la largeur de la courroie.

Les courroies employées ordinairement ont souvent de plus grandes dimensions que celles indiquées par le calcul : mais cela tient à ce qu'on ne leur suppose pas une aussi forte résistance que celle admise pour le bon cuir.

Elles ne supportent généralement pour les faibles transmissions que 10 à 15 kilogr. par centim. carré au lieu de 20 kilogrammes.

Dans les fortes transmissions, au contraire, on a intérêt à employer d'excellent cuir, ce qui permet de diminuer la largeur des courroies, et par suite celle des poulies.

PROPORTIONS DES POULIES EN FONTE.

(Fig. 2 et 3) POULIE-TYPE. — Les poulies employées pour transmettre le mouvement avec des courroies en cuir se composent le plus ordinairement d'une couronne en fonte mince J, reliée au moyeu M par des bras ou rayons B, auxquels on donne diverses formes, que nous examinerons bientôt. On remplace souvent les bras par un panneau plein ou *toile* comme le montre la fig. 5.

Les efforts supportés par les différentes parties d'une poulie dérivent nécessairement de la traction principale exercée par la courroie pour trans mettre la force proposée.

Puisqu'à épaisseur égale, la largeur du cuir est proportionnelle à la pression, et que cette épaisseur est supposée toujours la même, nous prendrons désormais la largeur de la courroie pour une quantité donnée d'après laquelle toutes les dimensions d'une poulie peuvent être déduites.

JANTE OU COURONNE. — L'expérience a démontré qu'on pouvait rendre l'épaisseur de la jante d'une poulie extrêmement mince, et lui donner tout juste ce qui est nécessaire pour éviter l'*ovalisation* à la fonte : cette épaisseur est plus que suffisante pour résister à la pression de la courroie, et à l'effort tangentiel qui se manifeste pendant la marche ; on comprend en effet que la disposition même des bras ou de la *toile* pleine empêche que la couronne ne soit déformée par les efforts exercés à sa circonférence.

L'intérieur de la couronne se compose de deux troncs de cônes très-allongés et opposés par leurs bases, afin de former ce que l'on appelle *dépouille*, et faciliter ainsi la sortie de la pièce du sable dans lequel elle a été moulée. Son extérieur est tourné suivant une forme légèrement bombée, afin de maintenir la courroie sur la poulie.

Cette courbure produit un certain allongement des fibres du cuir vers les parties milieu de la courroie, d'où il résulte des réactions qui augmentent son adhérence, et tendent sans cesse à la rapprocher du centre. On ne doit donner qu'une courbure peu prononcée, afin de ne pas dépasser les limites d'élasticité du cuir, en le forçant de s'étendre beaucoup par une trop forte courbure (1).

(1) Il y a avantage à ce que l'extérieur de la couronne soit bien tourné, afin de présenter le plus de points possibles en contact avec la courroie, pour que la transmission n'ait lieu que par une sorte d'engrènement sans glissement. C'est donc une erreur grave que de croire qu'en formant des stries ou en laissant des aspérités sur la circonférence de la poulie ou du tambour, on augmente l'adhérence de la courroie, on la diminue au contraire, puisqu'on réduit réellement la surface de contact.

La jante se trouve donc plus épaisse au milieu de sa largeur que sur les bords, conditions tout à fait favorable à sa résistance.

Pour trouver les dimensions des différentes parties de cette jante, nous considérerons d'abord l'épaisseur minimum du bord ; à cet effet nous remarquerons qu'elle doit être aussi mince que les moyens pratiques le permettent, tout en observant une certaine relation avec la largeur de la courroie qui correspond à l'effort total.

En représentant par e l'épaisseur du bord de la jante en millimètres, par C la largeur de la courroie en millimètres, et par R le rayon de la poulie, en millimètres,

Nous établissons la relation suivante :

$$e = (0{,}03\ C) + 0{,}005\ R$$

c'est-à-dire que l'épaisseur e est égale à 3/100 de la largeur C, augmentée de 5/1000 du rayon R.

Cette seconde valeur est introduite dans la formule pour augmenter l'épaisseur dans un certain rapport avec le diamètre, à cause de la coulée.

La flèche de la courbure nécessaire à la stabilité de la courroie, étant comptée en dehors de l'épaisseur e, est donnée par cette valeur :

$$y = 0{,}03\ C.$$

La largeur L de la couronne doit être un peu supérieure à celle de la courroie, pour être sûr qu'elle porte toujours sur la couronne ; nous faisons cette largeur

$$L = 1{,}2\ C.$$

La dépouille intérieure est comptée à partir de l'épaisseur au bord de la couronne, on peut lui donner pour valeur

$$x = 006\ C$$

quantité qu'on porte à l'intérieur, au milieu de la largeur L.

En réunissant les trois quantités e, y et x, on a l'épaisseur totale de la jante au milieu de sa largeur, et qui peut être représentée ainsi :

$$y = (0{,}12\ C) + 0{,}005\ R.$$

Bras. — Les bras doivent être calculés, ainsi que les dents de roues d'engrenages, pour résister chacun à l'effort total qui s'exerce à la circonférence, d'autant mieux que même pour de grands efforts leur nombre est presque toujours égal à six.

La forme de la section généralement adoptée est celle elliptique, qui est aussi celle de notre modèle, fig. 2 et 3. Cette forme convient évidemment à leur marche rapide, comme offrant moins de résistance au déplacement de l'air.

Nous supposons premièrement, pour calculer leur résistance, que leur

épaisseur soit uniforme dans toute leur longueur, et proportionnelle à la largeur de la courroie.

Appelant a cette épaisseur, nous donnons,

$$a = 0{,}12\ \text{C}.$$

La largeur b des bras, près du moyeu, se calcule au moyen d'une formule déduite de celles dont on se sert habituellement pour les solides encastrés. L'effort s'y trouve représenté par la largeur de la courroie, qui équivaut en effet, en millimètres de large, à l'effort de traction en kilogrammes, auquel on la soumet, comme nous l'avons montré pag. 403; l'épaisseur a devant aussi y figurer, nous trouvons en résumé l'expression suivante :

$$b^2 = \frac{\text{C} \times \text{R}}{(0{,}12\,\text{C})} \quad \begin{array}{l}\text{rayon de la poulie.}\\ \text{épaisseur } a \text{ du bras.}\end{array}$$

Cette formule simplifiée prend les formes suivantes :

$$b^2 = \frac{\text{R}}{0{,}12} = \frac{50\,\text{R}}{6} \text{ et enfin } b = \sqrt{\frac{50\,\text{R}}{6}}$$

Il résulte de cette dernière expression que la largeur des bras d'une poulie n'est dépendante que de son diamètre, et leur épaisseur proportionnelle à la largeur de la courroie.

Cette épaisseur supposée uniforme primitivement est augmentée près du moyeu; elle devient

$$a' = 0{,}18\ \text{C}.$$

La valeur ci-dessus de la largeur b est représentée sur le tableau graphique A par la courbe b, avec laquelle on opère de même qu'avec les autres lignes du tableau, en observant que l'échelle AB correspond dans ce cas aux diamètres des poulies, de 0 à 250 cent. ou $2^{m},500$.

Si, par exemple, nous cherchons la largeur des bras d'une poulie de 1 mèt. de diam., nous trouvons, avec l'horizontale passant par le point 100^{c}, par son intersection f avec la courbe b, 64 mil., valeur parfaitement identique à celle que donne le calcul.

Moyeu. — Les dimensions du moyeu sont déterminées d'après les mêmes considérations que pour les engrenages : son épaisseur doit répondre à l'effort à la circonférence de la poulie, et au serrage de la clavette; sa hauteur, ou portée sur l'arbre, est déduite des mêmes conditions, et encore de sa stabilité en raison du diamètre.

Nous faisons cette épaisseur,

$$\text{E} = 0{,}3\ \text{C}$$

et la hauteur,

$$\text{H} = 1{,}4\ \text{C}.$$

Les dimensions que nous avons attribuées jusqu'ici aux poulies de trans-

missions sont indépendantes du diamètre de l'arbre sur lequel elles sont montées, attendu qu'elles ne transmettent le plus souvent qu'une partie de la force totale de l'arbre; il est donc admis qu'on connaît la force absorbée par la machine commandée par la poulie; d'où la courroie étant déterminée, les autres parties de la poulie s'en trouvent déduites très-facilement.

Le professeur allemand, M. Redtenbacher, suppose au contraire que la poulie transmet la force totale de l'arbre, au diamètre duquel il rapporte à la fois, le diamètre de la poulie, la largeur de la courroie, et ensuite les autres dimensions de la poulie; quand la poulie ne transmet pas toute la force, il calcule le diamètre de l'arbre qui conviendrait à celle transmise par la poulie, et de là procède comme il vient d'être dit.

CONSTRUCTION PRATIQUE ET DÉTERMINATION D'UNE POULIE DE TRANSMISSION D'APRÈS LES RÈGLES CI-DESSUS.

Nous allons appliquer les règles précédentes à un exemple, afin d'en mieux faire comprendre l'emploi et la simplicité.

Proposons-nous de déterminer la largeur d'une courroie devant transmettre un effort donné, et les dimensions de la poulie correspondante, dont le diamètre et le degré d'enveloppement sont donnés.

Effort à produire.	P = 55 kil.
Diamètre de la poulie.	D = 500 mil.
Rayon	R = 250
Rapport de l'arc enveloppé à la circonférence	$\frac{a}{c} = \frac{2}{3}$

LARGEUR DE LA COURROIE. — La table, page (405), donne pour 55 kil., pris dans la première colonne de gauche, 100 mil. de largeur à la courroie, dans la colonne qui correspond à la fraction 2/3, indiquant la portion de circonférence de la poulie enveloppée : par conséquent,

$$C = 100 \text{ mil.}$$

COURONNE OU JANTE. — La largeur de la jante est le produit de 100 mil par 1, 2 ; d'où :

$$L = 100 \times 1{,}2 = 120 \text{ mil.}$$

La courbure égale :

$$y = 100 \times 0{,}03 = 3 \text{ mil.}$$

L'épaisseur au bord :

$$e = (100 \times 0{,}03) + (250 \text{ mil.} \times 0{,}005) = 4^{\text{mil.}},2.$$

La dépouille intérieure :

$$x = 100 \times 0{,}06 = 6 \text{ mil.}$$

Enfin la somme de ces trois dernières quantités détermine l'épaisseur maximum de la couronne, soit :

$$j = (100 \times 0{,}12) + (250 \times 0{,}005) = 13^{\text{mil.}},2.$$

Bras. — L'épaisseur des bras auprès de la couronne est, ainsi que nous l'avons expliqué, égale à :

$$a = 100 \times 0{,}12 = 12 \text{ mil.}$$

Leur largeur auprès du moyeu est, suivant la relation établie :

$$b = \sqrt{\frac{250 \times 50}{6}} = 4^{\text{cent.}}56$$

L'épaisseur auprès du moyeu devient :

$$a' = 100 \times 0{,}18 = 18 \text{ mil.}$$

Moyeu. — L'épaisseur du métal autour de l'arbre est égale à :

$$E = 100 \times 0{,}3 = 30 \text{ mil.}$$

et la hauteur ou portée :

$$H = 100 \times 1{,}4 = 140 \text{ mil.}$$

Le nombre de tours de cette poulie ayant été fixé à 30 par minute, la vitesse à la circonférence devient

$$V = \frac{0{,}500 \times \pi \times 30}{60} = 0^{\text{m}}785$$

Cette vitesse multipliée par la pression P donne en kilogrammètres la puissance transmise par la poulie, soit :

$$K = 0{,}785 \times 55^{\text{k}} = 43^{\text{kgm.}},2 \text{ ou } 0^{\text{ch.}},57.$$

La fig. 2 du dessin pl. 32 est une section transversale d'une poulie en fonte exécutée sur les données ci-dessus.

La fig, 3 en est une projection horizontale ; la poulie supposée, d'après ces deux figures, comme si elle était montée sur un arbre vertical.

Les bras B, dont la section est une ellipse, sont courbés, pour éviter une rupture, au refroidissement, après la coulée. Il arrive, en effet, que les bras droits ne cédant pas aux divers efforts produits par la contraction

du métal en se refroidissant, se rompent dans quelques parties; ceux courbés ont au contraire l'avantage de modifier eux-mêmes leur courbure si les efforts du retrait tendent à les allonger ou à les raccourcir. On fait cependant des poulies avec des bras droits : mais on doit faire en sorte, dans ce cas-là, de rendre les épaisseurs aussi uniformes que possible, afin de produire un refroidissement bien simultané de toutes les parties.

Le tracé des bras courbes se faisant le plus souvent, d'une manière arbitraire, et même par tâtonnement, nous avons pensé qu'on ne verrait pas sans intérêt une méthode que nous proposons pour déterminer cette courbure d'après un principe arrêté.

Traçons premièrement d'après le rayon OA (fig. 3), un bras supposé droit, en lui donnant près du moyeu sa largeur *b*, et près de la jante une largeur moindre, dans un rapport analogue à celui indiqué pour les engrenages. Ceci fait, nous supposons que la base *b* ou *mn* est le point de départ du bras, et qu'à partir de là, on le courbe de façon que le point A arrive en *d*, milieu de l'arc AF, sur le cercle intérieur de la jante; on joint *f*, pris sur le cercle du moyeu, avec *d* par une droite *fd*, au milieu de laquelle on élève la perpendiculaire *oh*; par le point *f* on trace la tangente *fo*, qui fait intersection en *o* avec *oh*; ce point *o* est le centre de l'arc *fg'd*, qui devient l'axe du bras, suivant la courbure cherchée.

Si on trace maintenant, du point *d* comme centre, une portion de cercle ayant pour diamètre la largeur *pq* du bras près de la jante, et que l'on porte ensuite sa largeur *il* au milieu, en *i'l'* sur *oh*, il ne reste plus qu'à tracer deux arcs de cercle *m i'p'* et *n l'q'*, passant par les points *m*, *i'*, *n*, *l'* et tangents à l'arc décrit du point *d*; leurs centres sont ici o' et o^2.

Il est évident que ces opérations étant faites simultanément pour chaque bras, il ne reste, pour raccorder le croisillon avec la jante et le moyeu, qu'à tracer des arcs de cercle ou congés, de façon à les réunir entre eux vers le moyeu, pendant que l'autre extrémité est liée avec la jante. Ces raccords avec la couronne étant convenablement ménagés sont du meilleur effet contre la rupture des bras, soit lors du refroidissement de la pièce, soit pour sa résistance propre.

La structure du moyeu est identique à celle des engrenages, traités précédemment; il est en dépouille comme la jante, et les faces sont terminées par un arrondi, plus un petit carré pour faciliter le dressage.

Nous résumons dans les deux tables suivantes les principales dimensions à donner aux poulies en fonte et déterminées d'après les règles et observations qui précèdent.

TABLE DES DIMENSIONS PRINCIPALES

DES POULIES EN FONTE SANS JOUES

Employées pour les transmissions de mouvement.

LARGEUR de la courroie.	ÉPAISSEUR AU BORD DE LA COURONNE DE FONTE pour les diamètres de :						
	0m25	0m50	0m75	1m00	1m25	1m50	2m00
millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
30	1.5	2.1	2.7	3.4	4.0	4.6	5.9
40	1.8	2.4	3.0	3.7	4.3	4.9	6.2
50	2.1	2.7	3.3	4.0	4.6	5.2	6.5
60	2.4	3.0	3.6	4.3	4.9	5.5	6.8
70	2.7	3.3	4.0	4.6	5.2	5.8	7.1
80	3.0	3.6	4.3	4.9	5.5	6.1	7.4
90	3.3	3.9	4.6	5.2	5.8	6.4	7.7
100	3.6	4.2	4.9	5.5	6.1	6.7	8.0
120	4.2	4.8	5.5	6.1	6.7	7.3	8.6
140	4.8	5.4	6.0	6.7	7.3	7.9	9.2
160	5.4	6.0	6.6	7.3	7.9	8.5	9.8
180	6.0	6.6	7.2	7.9	8.5	9.1	10.4
200	6.6	7.2	7.8	8.5	9.1	9.7	11.0
220	7.2	7.8	8.4	9.1	9.7	10.3	11.6
240	7.8	8.4	9.0	9.7	10.3	10.9	12.2
260	8.4	9.0	9.6	10.3	10.9	11.5	12.8
280	9.0	9.6	10.2	10.9	11.5	12.1	13.4
300	9.6	10.2	10.8	11.5	12.1	12.7	14.0
Largeur des bras près du moyeu pour les mêmes diamètres.	32 mill.	46 mill.	55 mill.	64 mill.	72 mill.	83 mill.	91 mill.

SUITE DE LA TABLE DES PRINCIPALES DIMENSIONS

DES POULIES EN FONTE SANS JOUES

Employées pour les transmissions de mouvement.

LARGEUR de la courroie.	LARGEUR de la jante L.	FLÈCHE de courbure.	DÉPOUILLE intérieure de la jante.	DIMENSIONS du moyeu.		ÉPAISSEUR DES BRAS	
				Épaisseur.	Portée.	Près du moyeu.	Près de la jante.
millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.	millim.
30	36	0.9	1.8	9	42	4.5	3.6
40	48	1.2	2.4	12	56	7.2	4.8
50	60	1.5	3.0	15	70	9.0	6.0
60	72	1.8	3.6	18	84	10.8	7.2
70	84	2.1	4.2	21	98	12.6	8.4
80	96	2.4	4.8	24	112	14.4	9.6
90	108	2.7	5.4	27	126	16.2	10.8
100	120	3.0	6.0	30	140	18.0	12.0
120	144	3.6	7.2	36	168	21.6	14.4
140	168	4.2	8.4	42	196	25.2	16.8
160	192	4.8	9.6	48	224	28.8	19.2
180	216	5.4	10.8	54	252	32.4	21.6
200	240	6.0	12.0	60	280	36.0	24.0
220	264	6.6	13.2	66	308	39.6	26.4
240	288	7.2	14.4	72	336	43.2	28.8
260	312	7.8	15.6	78	364	46.8	31.2
280	336	8.4	16.8	84	392	50.4	33.6
300	360	9.0	18.0	90	420	54.0	36.0
C = Largeur de la courroie.	L = 1,2 C.	y = 0,03 C.	x = 0,06 C.	E = 0,3 C.	H = 1,4 C.	e' = 0,18 C.	e = 0,12 C.

(Fig. 4) Poulie de grande dimension. — Cette poulie commande l'arbre de couche principal d'un grand atelier de construction, et la force qu'elle transmet n'est pas moins de 15 à 16 chevaux.

La jante est très-forte, et porte une nervure *n* à l'intérieur qui se raccorde avec les bras ; ceux-ci, au nombre de six, sont droits et garnis de nervures comme les roues d'engrenages.

La fig. 4 *bis* est une section moyenne de l'un des bras.

Le diamètre réel de cette poulie, qui n'a pu être dessinée entière sur la figure est de 2m400 ; la largeur de la courroie égale 184 mill.

(Fig. 5) Poulies a joues. — Cette figure représente une section verticale de deux poulies A et A′, montées sur un arbre C. L'une, celle A, est fixée à l'arbre par une clavette *c* et s'appelle *poulie fixe;* la deuxième A′ y est ajustée libre, et son mouvement est tout à fait indépendant de celui de l'arbre : elle porte généralement le nom de *poulie folle.*

On sait que la disposition particulière de ces deux poulies a pour but de donner le mouvement à une machine et de le suspendre à volonté, en faisant glisser la courroie de l'une sur l'autre. En effet, lorsque la courroie se trouve sur la poulie fixe, l'arbre doit participer à son mouvement, puisqu'ils sont rendus solidaires par la clavette ; la poulie folle, au contraire, obéit au mouvement de la courroie, et ne le transmet pas à l'arbre, sur lequel elle tourne librement.

La courroie recevant par ce fait un mouvement de transport chaque fois qu'on veut mettre en marche ou arrêter, comme il pourrait s'ensuivre qu'elle tombât hors des poulies, on munit souvent ces dernières d'un rebord saillant ou d'une joue mince *j* qui sert à prévenir cet accident.

Le système des bras ou croisillons est remplacé ici par une toile pleine *t*, d'une épaisseur faible et uniforme, affleurant extérieurement les rebords *j*. Cette forme offre de véritables avantages sous le rapport de la facilité du tournage et de l'entretien ; une surface unie ne présente pas non plus les mêmes dangers que des bras détachés, dans lesquels on peut se prendre quelquefois, et les poulies de commande sont précisément presque toujours à portée d'être atteintes.

On fait aujourd'hui une grande application de ce genre de poulies pleines, dans les métiers de filature, et dans bien des machines dont les mouvements sont rapides, lorsque les diamètres sont inférieurs à 50 ou 60 centimètres.

Dans les poulies pleines, simples, la toile occupe, comme les bras ordinaires, le milieu de la largeur de la couronne, condition plus convenable à la résistance.

La partie de l'arbre C qui reçoit la poulie folle A′ est d'un diamètre un peu moindre que celle sur laquelle la poulie fixe est montée, pour former une sorte de collet. On emploie pour retenir la poulie A′ à sa place une fausse embase *r*, avec une vis de pression *v*, ou souvent encore, le bout de l'arbre est taraudé et porte un écrou et une rondelle ; cette deuxième

méthode est peut-être moins applicable que la première dans le cas de grandes dimensions, à cause du taraudage de l'arbre.

(Fig. 6 et 7) POULIE A DEUX JOUES. — On emploie très-souvent des poulies qui sont munies de deux joues, empêchant d'une manière complète la chute de la courroie : une grande partie des poulies appliquées dans les moulins sont de ce système, qui trouve surtout son application aux poulies montées après les arbres verticaux.

Les joues appliquées aux poulies sont encore nécessaires lorsque les arbres à commander ne sont pas parallèles entre eux, d'où il résulte que les courroies ont beaucoup plus de tendance à tomber à cause de l'obliquité des poulies.

La couronne de cette poulie est simplement cylindrique, n'ayant plus besoin de la courbure pour la courroie, qui est suffisamment maintenue par les rebords ou les joues.

L'épaisseur de celles-ci doit être à peu près la même que celle de la couronne.

Les bras des poulies ne sont pas toujours elliptiques; on leur donne diverses formes, et entre autres, celle qui est attribuée à celle-ci, vue en section fig. 8, absolument semblable aux bras des engrenages.

Ces poulies, qui ne transmettent souvent que de faibles efforts, ne sont calées sur leur arbre qu'au moyen d'une vis de pression, taraudée dans le moyeu, ce qui permet d'en varier la place d'autant plus facilement que les arbres sont tournés cylindriquement d'un diamètre uniforme.

(Fig. 9) MODÈLE EN BOIS. — Nous pensons qu'on verra avec quelque intérêt les procédés à l'aide desquels on arrive à exécuter une poulie à deux joues, qui présente en fonderie, une certaine difficulté.

La fig. 9 est la section du modèle en bois qui sert à faire un moule en sable dans lequel on verse la fonte en fusion.

Ce modèle se compose d'abord d'une jante J, formée de segments en bois, collés et cloués l'un sur l'autre, et tournés ensuite. Le moyeu M, formé de rondelles superposées, avec le fil du bois croisé, est relié à la couronne par les bras B et les nervures N; cet ajustement réclame un examen particulier.

Les bras, sans les nervures, sont formés de planchettes minces, croisées et assemblées *à moitié bois*, c'est-à-dire qu'elles sont entaillées réciproquement à moitié de leur épaisseur; ainsi préparées et découpées, suivant la forme voulue, on les assemble avec la jante, en montant celle-ci, au moment où elle n'est qu'à la moitié de sa largeur. Le moyeu est nécessairement en deux parties rapportées de chaque côté du croisillon.

Les nervures sont rapportées ensuite et encastrées à chaque extrémité dans la jante et dans le moyeu.

L'une des deux joues *j'* ne fait pas corps avec l'ensemble du modèle; elle en est détachée et s'y ajuste au moyen de plusieurs goujons en fer *g*, d'une forme conique assez prononcée pour permettre de séparer les deux parties sans résistance.

La nécessité de rendre cette joue mobile vient de la position que le modèle occupe dans le sable dont il est complétement enveloppé. Il en résulte que, pour l'en sortir et finir le moule, le châssis en fonte, qui sert à maintenir le sable, doit être en trois parties se repérant au moyen de goujons ; la partie inférieure retient la portion de sable contenue d'un seul côté du croisillon, à l'intérieur du modèle, dans la position indiquée (fig. 9) ; la partie milieu comprend le sable enfermé entre les deux joues ; enfin, la partie supérieure complète le moule.

La jonction des deux parties de sable, remplissant l'intérieur du modèle, a lieu suivant l'une des faces du croisillon B.

Quand on veut, maintenant, retirer le modèle du moule, *ou démouler*, on retire la partie supérieure du châssis, emportant avec elle sa portion de sable : on comprend très-bien comment la dépouille favorise cette opération ; on retire alors la joue mobile j', qui se trouve à découvert, et on peut, par ce fait, retirer la partie centrale du châssis. C'est après cela que le modèle est complétement retiré, laissant le châssis inférieur avec sa partie de sable correspondante.

Pour le moulage des petites pièces, l'intervalle des deux joues ne nécessite pas l'emploi d'une partie de châssis supplémentaire. On s'arrange de façon que la portion de sable qui remplit la gorge puisse être détachée du moule, et forme une pièce à part : c'est ce que l'on appelle *battre une pièce*.

L'ouverture centrale du moyeu est ménagée en plaçant un *noyau* ou cylindre, préparé en sable dur, dans les emprunts faits dans le moule par les portées p et p', fixées au moyeu M, et dont le diamètre est égal à l'alésage, moins 3 à 4 mill. sur le rayon pour l'ajustement.

Il est à remarquer que la portée supérieure p' est très-conique : c'est qu'en effet le noyau n'étant primitivement posé que dans l'emprunt de la portée p, il faut qu'en renfermant le moule, l'autre extrémité s'engage facilement dans l'emprunt de la portée supérieure p' ; c'est pour obtenir ce résultat que cette portée présente beaucoup d'entrée au noyau, qui est également terminé par une partie conique semblable.

Le modèle, tel qu'il est indiqué fig. 9, produit une pièce de fonte ayant toute la matière nécessaire au tournage ; le diamètre du modèle est aussi plus grand d'une quantité égale à la dilatation de la fonte au point de fusion, quantité qu'on est dans l'usage d'appeler *le retrait*, et qui varie selon la nature de la fonte du 1/80 au 1/100 des dimensions linéaires à obtenir.

Le diamètre de la poulie étant ici de 400 mill., celui du modèle doit être en conséquence 404 à 405 mill., plus 8 mill. pour le tournage ; soit 413 mill.

Ce genre de poulie étant souvent employé brut de fonte, dans bien des usines, il est prudent de faire le modèle en métal, soit en cuivre ou en fonte de fer, tourné et adouci partout ; il présente alors l'aspect de la

pièce finie, à l'exception que la joue *j*, qui doit être mobile, pour s'enlever à volonté, est rapportée sur des goujons à vis, retenus par des écrous.

(Fig. 10, 11 et 12) GRANDE POULIE DOUBLE. — Cette poulie, appliquée par M. Nillus, du Havre, à la machine à vapeur qui fait mouvoir ses ateliers (1), est une véritable preuve de l'emploi que l'on peut faire de ce genre d'organe, même dans de très-grandes dimensions, tout en réduisant beaucoup les épaisseurs.

La fig. 10 est une section transversale de la jante, près de l'assemblage de l'un des bras.

La fig. 11 est la vue de face de la même portion de jante.

La fig. 12 est une section transversale d'un bras, auprès du moyeu de la poulie.

Cette pièce porte en effet deux jantes distinctes J et J′, fondues de la même pièce, et séparées par un rebord *j* ; son diamètre est de 3 mètres. Les deux courroies marchant sur cette poulie n'ont pas moins de 200 et 240 mill. de largeur ; la force totale transmise par les deux courroies est de 15 chevaux environ.

La poulie entière se compose de quatre parties, dont deux moitiés de couronne, et deux parties de croisillon de chacune trois bras.

Les parties du croisillon sont assemblées à l'arbre de la machine par deux boulons et une frète en fer.

Les moitiés de couronne sont réunies ensemble par des oreilles boulonnées.

Les oreilles ou bouts des bras B′, venus de fonte avec la couronne, s'assemblent aux rayons B du croisillon, par un ajustement *à moitié fer* et deux boulons *b*.

Le raccord de ces oreilles avec la couronne a lieu par de forts congés, et deux nervures *n*, qui s'avancent jusqu'au milieu de chaque jante.

L'épaisseur au bord de celle-ci a été réduite à 10 mill., la courbure est de 12 mill., d'où l'épaisseur au milieu de chaque jante est à peu près de 22 mill.

(Fig. 13, 14 et 15) GRANDE POULIE SIMPLE. — Nous citons encore cette poulie pour sa bonne construction et pour la puissance qu'elle peut transmettre.

Son diamètre est de 2m 360 ; la jante peut recevoir une courroie de 180 à 200 mill. de largeur. Elle peut, dans ces conditions, transmettre une force de 90 à 100 kilogrammes environ à la circonférence ; ce qui équivaudrait à une dizaine de chevaux, avec 60 tours par 1′.

Son croisillon est également indépendant de la jante, qui s'y trouve réunie au *moyen de pattes* B′, fondues avec la couronne, ajustées *à moitié fer* avec les bras B, et fixées chacune par deux boulons *b*.

(Fig. 16 et 17) TAMBOUR EN BOIS. — Un tambour pour transmission de

(1) Nous avons publié cette intéressante machine dans le VIIe vol. de ce recueil, pl. 26.

mouvement se compose de plusieurs croisillons en fonte J, calés sur le même arbre de couche et garnis à leur circonférence de douves en bois J', fixées avec des vis à bois *v*.

La longueur d'un tambour est très-variable et atteint quelquefois plusieurs mètres.

On se sert en effet de cet organe pour transmettre le mouvement à plusieurs machines à la fois, et avec la facilité de varier la position de la courroie.

Les bras B du croisillon en fonte sont méplats pour laisser la place des vis sur la jante.

Les douves J sont le plus ordinairement en bois de sapin, à cause de sa légèreté.

Les croisillons étant fixés sur l'arbre de couche, on pose les douves, fixées par les vis *v*, qui se placent dans des trous percés à l'avance dans la jante du croisillon ; puis l'extérieur se termine sur le tour, d'après l'arbre de couche lui-même, à moins que sa longueur ne soit un obstacle. Dans ce dernier cas, on met le tambour au rond en employant la varlope.

(Fig. 18, 19 et 20) DIVERSES SECTIONS DE BRAS. — Ces figures indiquent plusieurs formes différentes de bras que l'on donne le plus généralement aux poulies.

Nous dirons de ces sections diverses, qu'en définitive, quelle que soit la manière de les varier, on ne s'écarte jamais du principe qui fait donner aux bras des poulies le moins d'épaisseur possible, afin de diminuer la résistance de l'air, question dont on doit toujours se préoccuper à l'égard des organes mécaniques qui marchent à de grandes vitesses.

DIVERSES VARIÉTÉS DE POULIES

DES CONES OU POULIES A PLUSIEURS DIAMÈTRES. — On peut encore ranger dans la catégorie des organes de transmissions par contact, par frottement ou par friction, les suivants, savoir :

1° Les cônes-poulies, ou simplement les *cônes*, pièces composées de poulies de différents diamètres, fondues ou fabriquées de la même pièce. Les cônes ne diffèrent pas des poulies ordinaires, quant à leur mode d'action : ils n'ont d'autre particularité que de permettre de produire des vitesses variables ;

2° Les cônes ou tambours coniques, qui servent à transmettre des vitesses variables et progressives, pendant le mouvement même ;

3° Les poulies extensibles pouvant, par leur construction particulière, varier leur propre diamètre à volonté ;

4° Les poulies à gorge ou à rainure qui transmettent le mouvement au moyen de chaînes, cordes de chanvre ou cordes à boyau, câbles simples ou réunis en forme de courroie, etc. ;

5° Les cônes ayant la forme d'engrenages d'angle, transmettant en effet un mouvement de ce genre, mais par simple friction ;

6° Les poulies à friction ou engrenages à coin d'un système particulier et d'invention récente.

Ce sont ces différents systèmes que nous allons décrire avec les figures indiquées sur le dessin pl. 33.

(Fig. 1, pl. 33) DES CONES-POULIES. — La fig. 1 représente deux cônes A et A′, semblables et opposés, transmettant le mouvement de l'un à l'autre par une courroie B. L'un d'eux, A, est vu en coupe longitudinale pour laisser apercevoir la forme intérieure.

Ces organes sont composés de plusieurs poulies généralement fondues d'une même pièce, laquelle est fermée à la plus petite base par un panneau plein venu de fonte avec elle ; l'autre base la plus grande est fermée par un croisillon ou un plateau C, fixé avec des vis à des oreilles *a*, et traversé par l'axe en fer D, qui doit recevoir ou transmettre le mouvement.

On voit que l'intérieur reproduit autant que possible l'extérieur, attendu que le cône doit être aussi mince que le mode de fabrication le permet, tout en conservant une parfaite égalité d'épaisseur. La forme générale de la pièce, composée de plusieurs cylindres superposés, exige qu'elle soit moulée et coulée debout, pour la stabilité du noyau qui sert à déterminer l'intérieur ; elle est ensuite tournée extérieurement, et chaque diamètre reçoit alors la forme galbée que la jante doit avoir, forme que l'on n'obtiendrait que très-difficilement à la fonte.

La condition principale dans l'emploi des cônes est le résultat de vitesses variables obtenues en faisant passer la courroie d'un diamètre sur l'autre.

Un cône peut commander une poulie ou un tambour unique; deux cônes peuvent aussi se commander réciproquement, comme dans l'exemple fig. 1re.

Dans le premier cas, la longueur de la courroie éprouve des variations beaucoup plus sensibles que dans le second, quoique d'ailleurs la différence de vitesse obtenue soit proportionnellement moindre : aussi, ce dernier mode est-il plus souvent employé. Nous allons, du reste, essayer de montrer quels sont, dans les deux cas, le rapport des vitesses et la loi du mouvement variable que les axes peuvent communiquer.

PREMIER CAS. POULIE OU TAMBOUR SIMPLE MARCHANT AVEC UN CÔNE. — Les diamètres extrêmes d'un cône étant donnés, ils forment généralement, avec les diamètres intermédiaires, une progression par différence, dont la raison est égale à la différence des diamètres extrêmes, divisée par le nombre, plus un, des diamètres intermédiaires. Ainsi, dans l'exemple (fig. 1), les diamètres extrêmes étant 500 et 300 millimètres, et les intermédiaires étant au nombre de trois, chaque diamètre diffère des autres, et successivement d'une quantité fixe, et égale à

$$\frac{500 - 300}{3 + 1} = 50 \text{ millim.}$$

Si nous supposons d'abord que l'un de ces cônes soit mis en rapport avec un tambour cylindrique qu'il commande, la vitesse de rotation du cône étant uniforme, les vitesses variables communiquées au tambour, par chaque diamètre différent du cône, formeront une progression par différence pareille à celle que forment ces diamètres ; cette progression étant ici

$$3 \;.\; 3{,}5 \;.\; 4 \;.\; 4{,}5 \;.\; 5,$$

celle des vitesses du tambour, la vitesse communiquée par le diamètre 3, prise pour unité, sera

$$\frac{3}{3} \;.\; \frac{3{,}5}{3} \;.\; \frac{4}{3} \;.\; \frac{4{,}5}{3} \;.\; \frac{5}{3},$$

d'où la règle suivante :

Les vitesses de rotation transmises par un cône à un tambour cylindrique, ou ce qui revient au même, *celles linéaires de la couronne, sont proportionnelles aux diamètres successifs du cône, la vitesse de ce dernier étant uniforme.*

Les diamètres successifs du cône formant une progression régulière par différence, on se trouve dans les mêmes conditions que si la courroie se déplaçait de quantités égales sur un véritable tambour conique. Or, si nous supposons en effet que cela soit, et que la courroie, sans cesser de commander le tambour cylindrique, soit animée d'un mouvement de translation parfaitement uniforme, suivant la longueur de l'axe du cône, ou du tambour conique, la variation du diamètre, et par conséquent de vitesse, aura lieu suivant des temps égaux, d'où il est facile de déduire :

Que les vitesses seront proportionnelles aux temps que la courroie met à parcourir la longueur du tambour conique.

Il résulte de ces conditions que l'axe du tambour cylindrique est animé d'un mouvement dit, uniformément accéléré ou retardé suivant que la courroie se déplace en allant du petit diamètre au grand, et *vice versa*. Par conséquent, si on suspendait un poids à une corde s'enroulant sur le tambour cylindrique, ce poids serait animé d'un mouvement absolument de la même nature que celui qui lui serait communiqué en tombant librement par l'action naturelle de la pesanteur.

Si le tambour commande au contraire le cône, sa vitesse étant aussi uniforme, les vitesses de rotation du cône formeront une progression semblable mais inverse à la précédente : c'est-à-dire que, dans les mêmes conditions, la vitesse du petit diamètre étant prise pour unité, on a

$$\frac{3}{3} \;.\; \frac{3}{3{,}5} \;.\; \frac{3}{4} \;.\; \frac{3}{4{,}5} \;.\; \frac{3}{5}$$

Les vitesses successives communiquées à l'axe du cône sont donc inver-

sement proportionnelles à ses diamètres progressifs. Si nous supposons que la courroie se déplace sur le cône en allant des petits aux grands diamètres, la vitesse de l'axe ou celle de la courroie subit une diminution dont la progression décroît de la même façon que les termes d'une série formée de l'unité successivement divisée par les nombres naturels 1, 2, 3, etc.

$$\text{soit } \frac{1}{1}, \frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \frac{1}{4}, \frac{1}{5}, \text{ etc.}$$

Deuxième cas. Deux cônes semblables se commandant réciproquement et disposés inversement (fig. 1). — L'un de ces deux cônes ayant un mouvement uniforme, les vitesses variables communiquées à l'autre seront exprimées par le produit terme à terme des deux progressions ci-dessus disposées inversement. C'est-à-dire que l'on aura (les diamètres extrêmes étant, comme on l'a vu, 3 et 5 ou 300 et 500 millimètres) :

$$\frac{3}{3} \times \frac{3}{5} = \frac{9}{15} = \frac{3}{5} \quad \Big| \quad \frac{3,5}{3} \times \frac{3}{4,5} = \frac{10,5}{13,5} = \frac{7}{9}$$

$$\frac{4}{3} \times \frac{3}{4} = \frac{12}{12} = 1$$

$$\frac{4,5}{3} \times \frac{3}{3,5} = \frac{13,5}{10,5} = \frac{9}{7} \quad \Big| \quad \frac{5}{3} \times \frac{3}{3} = \frac{15}{9} = \frac{\ }{3}$$

en supposant toujours que la vitesse du cône qui commande soit égale à l'unité.

Si, pour fixer les idées, nous admettons que dans l'exemple (fig. 1), le cône qui commande A fasse 25 tours par minute, nous pouvons trouver, d'après ce qui précède, quelles sont les vitesses que prendra celui commandé A', en transportant successivement la courroie B sur chaque diamètre.

Ainsi on a :

$$25 \times \frac{3}{5} = 15 \text{ tours.} \quad \Big| \quad 25 \times \frac{7}{9} = 19,44 \text{ t.}$$

$$25 \times 1 = 25 \text{ t.}$$

$$25 \times \frac{9}{7} = 32,14 \text{ t.} \quad \Big| \quad 25 \times \frac{5}{3} = 41,66 \text{ t.}$$

On voit que l'accroissement des vitesses est très-considérable ; la plus grande et la plus petite sont entre elles comme le carré du rapport des diamètres extrêmes.

On peut énoncer d'une manière générale la méthode qui doit servir à déterminer la progression des vitesses de deux cônes divisés ou de deux

tambours coniques, qui se commandent par les diamètres opposés, en disant que :

La série de vitesses obtenue est représentée par le quotient, terme à terme, de deux progressions par différence, superposées inversement.

Ainsi, les diamètres successifs de l'un des cônes, ou les divisions égales d'un tambour conique, fournissant la progression

$$1 \quad 2 \quad 3 \quad 4 \quad 5 \quad 6$$

les vitesses reçues par celui commandé seront successivement égales à

$$\frac{1}{6} \quad \frac{2}{5} \quad \frac{3}{4} \quad \frac{4}{3} \quad \frac{5}{2} \quad \frac{6}{1}$$

qui se réduisent aux suivantes, le premier terme ramené à l'unité :

$$1 \quad \frac{12}{5} \quad \frac{18}{4} \quad \frac{24}{3} \quad \frac{30}{2} \quad 36$$

et en résumé :

$$1 \quad \frac{2,4}{1} \quad \frac{4,5}{1} \quad 8 \quad 15 \quad 36$$

(Fig. 2) CÔNE APPLIQUÉ A UN TOUR. — Nous avons publié dans le VIIe volume de ce recueil un beau tour construit dans les ateliers de Graffenstaden, et servant particulièrement à tourner les roues de wagons. Le cône A, représenté en coupe fig. 2, est celui qui est monté sur l'arbre de ce tour et qui reçoit la commande du moteur.

Cet organe est remarquable par sa bonne construction. Il se compose de cinq diamètres de poulies B, et d'un pignon denté C fondu de la même pièce ; la poulie la plus voisine de ce pignon est munie d'une joue *a*, afin de préserver la courroie d'une chute sur la denture. Le cône est fermé, comme nous l'avons montré précédemment, par un plateau en fonte D, portant un moyeu, et fixé au moyen d'oreilles *b*, venues de fonte avec le cône ; la fig. 3 est un détail de cette disposition.

Ce cône, comme en général ceux qui s'appliquent aux tours à engrenages, n'est pas fixé sur l'axe E, il y tourne au contraire librement, et avec une vitesse bien supérieure. C'est en effet le pignon C qui, par une transmission quelconque, commande, soit le plateau universel fixé à l'extrémité de l'arbre, soit une roue dentée rapportée sur celui-ci.

En raison du frottement du cône sur son axe E, on a ménagé aux deux bases opposées un conduit *c*, formé d'un tube en cuivre, qui permet d'introduire de l'huile, à laquelle la gorge *d* pratiquée dans l'arbre enfermé sert de réservoir.

(Fig. 4) CÔNE A DÉBRAYAGE DE M. DECOSTER. — Ce cône est une double application du frottement à la transmission du mouvement, en raison du système de calage qui sert à le fixer sur son axe.

On peut en effet le rendre fou à volonté, en agissant sur un manchon conique B, qui forme coin entre l'arbre C et le moyeu du cône A. Le coin B, en forme de virole conique, est seul claveté sur l'arbre C, au moyen de la clef *a* ; il est assemblé à rappel avec une vis D taraudée dans le bout de l'arbre C, et qui porte, fixé avec elle, un volant-manivelle E.

Par cette disposition il suffit, lorsqu'on veut embrayer, d'agir sur le volant E, de façon à faire serrer le manchon B dans l'ouverture du moyeu, et produire par le serrage un frottement capable de résister à l'effort d'entraînement produit par la courroie à la circonférence de la poulie.

On peut se faire une idée du résultat qu'il est possible d'obtenir comme résistance à l'entraînement, en calculant le rapport de la circonférence du volant E au pas de la vis D, et la pression qui en résulte par les dimensions du manchon B (1).

En effet, le rapport de cette circonférence au pas de la vis est à peu près égal à 180; le grand rayon du coin B est 21 fois plus petit que son axe total; par conséquent, en supposant que la pression exercée à la circonférence du volant ne soit égale qu'à 1 kilogramme, déduction faite des pertes produites par les divers frottements, celle exercée à l'intérieur du moyeu égalerait encore

$$1 \times 180 \times 21 = 3780 \text{ kilog.}$$

Prenant pour résistance de frottement le 1/10 de ce produit, on aurait 378 kilog., pour équilibrer un effort de 65 kilog. environ à la plus grande circonférence du cône A.

On comprend aisément, d'après cet aperçu, qu'il devient possible de substituer aux clefs qui fixent les poulies et les petits engrenages sur les arbres de transmission, des viroles coniques, pour rendre le placement de ces organes plus facile, et variable à volonté, sans nécessiter le travail de l'ajustement des clavettes.

(Fig. 5 et 6) DES POULIES EXTENSIBLES. — On désigne ainsi un système de poulies, et même de tambours coniques ou cylindriques, permettant de varier leur diamètre même; on a quelquefois besoin, en effet, de changer la vitesse d'un arbre pendant le cours même du travail.

Le système de poulie extensible que nous reproduisons ici est dû à M. Chapelle, qui, depuis longtemps, en a fait l'application avec beaucoup de succès, dans ses belles machines à fabriquer le papier continu.

La fig. 5 est une vue de face de la poulie toute montée.

La fig. 6 est une coupe verticale suivant l'axe 1-2 de la figure précédente.

Cette poulie se compose d'un plateau en fonte B, traversé à son centre par l'arbre de transmission C; l'une des faces du plateau étant parfaitement dressée vers sa circonférence, le constructeur y a rapporté une jante

(1) Voir plus loin la *Théorie du coin*.

circulaire D, formée de six segments séparés, qui peuvent glisser sur cette partie dressée, tout en s'y appuyant par l'une des rives et par leurs talons ou oreilles *a*, afin de rester constamment dans le même plan.

Chaque segment porte une tige en fer *b*, qui est en partie taraudée, et qui passe à travers trois pattes ou oreilles *c*, fondues avec le plateau; entre deux de ces dernières est placée une roue d'angle E, dont l'intérieur fait écrou pour la vis *b*.

Comme les six roues E engrènent ensemble, et que les vis *b* ont alternativement le taraudage en sens opposé, on comprendra facilement qu'il suffit de donner un mouvement à l'une de ces roues pour les faire mouvoir toutes, et par cela même, repousser les segments en dehors, ou les rapprocher du centre, suivant le sens du mouvement donné aux roues; on opère du reste ce mouvement en agissant avec une clef sur le moyeu qui est taillé à six pans.

On arrive ainsi à varier le diamètre enveloppé par la courroie, et cela dans des limites dépendantes des dimensions générales de la poulie.

Les solutions de continuité que présente la jante, et l'invariabilité de la courbure des segments, malgré le changement de diamètre, pourraient nuire s'il s'agissait de transmettre des efforts considérables; mais cette poulie n'était employée qu'à mettre en mouvement les bobinoirs ou ensouples qui reçoivent le papier à la fin de l'opération; on sait que la vitesse angulaire de ces ensouples doit nécessairement varier à mesure qu'elles se chargent, pour éviter que cette vitesse en augmentant ne produise un étirage sur le papier, ce qui le ferait rompre inévitablement. Ce système de poulies est en résumé très-propre à toutes les applications de ce genre qui ne nécessitent pas un trop grand effort.

(Fig. 7 et 8) Poulie a gorge circulaire. — Cette forme est souvent employée comme poulie de renvoi, dans l'application des cordes, des câbles de chanvre ou de fil de fer, et même des cordes à boyaux. L'exemple que nous avons choisi est emprunté à une grue : aussi ses dimensions sont-elles très-fortes.

Cette poulie A est susceptible en effet de supporter un effort de plus de 2,000 kilogrammes, d'après la dimension du câble de chanvre qu'elle peut recevoir, qui est de 50 mill. On pourrait, par l'emploi d'un câble en fil de fer, lui faire supporter un effort de 18,000 kil., mais on devrait, dans ce second cas, la faire pleine, pour plus de sécurité, au lieu de la diviser par les bras.

(Fig. 9 et 10) Poulie a chaîne. — Celle-ci ne diffère de la précédente que par une rainure *a*, pratiquée au fond de la gorge rectangulaire, et qui reçoit les chaînons qui se présentent de champ sur la poulie.

Les bras sont aussi un peu différents; ils sont plats, avec des nervures, au lieu d'être elliptiques comme précédemment; mais cette condition n'est pas essentielle.

Néanmoins, cette poulie est construite pour résister à un effort encore

très-considérable, car la chaîne qu'elle peut recevoir est capable de supporter une charge de plus de 10,000 kil.

On applique aux treuils des tambours en fonte qui portent une rainure semblable, mais disposée en hélice faisant plusieurs tours, quand la chaîne doit s'enrouler d'une certaine quantité. Cette disposition est très-utile pour éviter que les maillons d'une spire ne s'engagent dans l'axe de la spire voisine, ce qui, lorsque ce contact a lieu, peut occasionner des secousses et par suite des ruptures, en les faisant glisser subitement l'une sur l'autre.

(Fig. 11) Cône-poulie a gorges angulaires. — Ce système est très-employé, et convient aux transmissions qui se font avec des cordes dechanvre ou des cordes à boyau de petites dimensions et à section circulaire.

La forme angulaire des gorges a pour objet d'augmenter l'adhérence de la corde qui se trouve serrée latéralement entre les deux surfaces en coin par la tension primitive qu'elle reçoit, comme les courroies ordinaires. L'angle que l'on adopte ordinairement, comme le plus convenable pour l'ouverture de la gorge est de 60 degrés.

La fig. 11 représente un cône A de ce genre construit en fonte de fer ou en cuivre; il est tourné extérieurement, tandis que l'intérieur pourrait rester brut. Il est supposé appliqué à un modérateur à force centrifuge employé dans les machines à vapeur; on sait que dans ces sortes d'appareils l'effort à surmonter pour mettre le mécanisme en mouvement est seulement égal au frottement du pivot dans sa crapaudine, produit par le poids propre de l'équipage.

On applique également les poulies à gorge angulaire aux tours à pédale, dans lesquels l'effort à vaincre ne peut pas être considérable. Ces poulies se font aussi en bois et se composent, suivant leurs dimensions, d'un seul morceau ou de plusieurs parties superposées et fixées avec des vis.

(Fig. 12, 13 et 14) Poulies de marine. — La manœuvre des voiles et autres organes dépendants des navires se fait ordinairement avec des cordes auxquelles on donne toutes les directions nécessaires au moyen de poulies de renvoi. Ces poulies, appelées aussi dans le langage des marins, *riats*, sont montées dans une chape en bois B (fig. 12 et 13), entourée d'une ceinture ou bride en fer C, appelée aussi *estrope*, qui sert en même temps à fixer ou supporter l'axe D et à suspendre le tout en un point quelconque du bâtiment. L'estrope est remplacée très-ordinairement par un câble goudronné, retenu dans une gorge pratiquée dans la chape; elle forme une boucle à la partie supérieure, également pour l'accrocher.

La fig. 12, qui est une section perpendiculaire à l'axe D, montre l'estrope coupée, et son assemblage avec un crochet E, dont on ne voit ici que la naissance.

MM. Barbe, Morisse et Labure ont pensé, avec raison, que cette méthode d'assembler l'axe de la poulie avec l'estrope C, placée extérieurement, avait pour inconvénient d'allonger l'axe, et par suite, en éloignant les points d'appui de l'effort, de forcer de faire l'axe plus fort, ce qui oc-

casionne une perte de force, absorbée par le frottement, et augmente nécessairement en raison de la grosseur de cet axe.

Ces négociants se sont fait breveter pour un système de poulie, dont nous donnons une idée par la fig. 14; l'estrope C se trouve ici placée à l'intérieur de la chape, de telle sorte que la portion de l'axe qui supporte l'effort exercé sur la poulie n'est pas plus longue que le moyeu même de cette poulie.

Les moufles qui servent à soulever des fardeaux un peu considérables sont formés de chapes à peu près analogues, mais qui renferment généralement plusieurs poulies.

Cette disposition présente encore l'avantage de ne faire frotter la poulie latéralement que par son moyeu et contre le fer; il suffit en effet, pour atteindre ce résultat, de laisser la bride désaffleurer un peu le bois.

Il est aussi plus possible de faire usage d'une poulie de métal, qui, dans la disposition ordinaire, use promptement les parois de la chape.

L'axe D porte un talon *a*, entaillé dans la chape, pour le maintenir et l'empêcher de tourner.

M. le baron Séguier, qui s'occupe, comme on sait, avec une grande activité, et en même temps avec le plus louable désintéressement, de la mécanique industrielle, a imaginé de faire ces poulies de marine avec leurs chapes en tôle de fer, ce qui les rend très-solides et très-durables.

POULIES OU ENGRENAGES A FRICTION. — On fait usage, depuis un certain temps, de pièces cylindriques ou coniques qui communiquent le mouvement, en agissant entre elles par une simple friction, formant un engrenage naturel au moyen des aspérités du métal, et en général de la matière employée.

Déjà, l'action des roues motrices des locomotives sur les rails, produisant l'entraînement d'un convoi pesant, peut servir à caractériser ce mode de transmission du mouvement et de la puissance; il peut en effet être défini en disant que le frottement développé entre les corps en contact, par le poids de l'un d'eux, est capable de faire équilibre à un effort déterminé et utilisable.

Ces engrenages, ou pour mieux dire ces poulies de friction, ont, pour bien des cas, le grand avantage sur les autres de pouvoir céder au besoin et de produire un glissement quand la résistance dépasse une certaine limite, et d'éviter par cela même les ruptures qui se produisent souvent quand on passe trop vite de l'état de repos au mouvement rapide.

Supposons, comme application de ce principe, deux cônes A et B (fig. 15), ayant exactement la disposition des engrenages d'angle, mais sans denture, et montés sur deux arbres C et D. perpendiculaires l'un à l'autre. Si l'arbre C, de commande, est poussé par l'une de ses extrémités de façon que le cône A appuie d'une certaine quantité sur celui B, il en résulte un frottement entre les deux surfaces coniques qui doit se développer aussitôt

que l'arbre C est mis en mouvement et capable d'entraîner le cône B, en surmontant un certain effort.

La fig. 15 représente en effet une disposition semblable dans son application à une machine à force centrifuge destinée à la purgation et à la dessiccation des sucres dans le travail du raffinage (1).

L'arbre D est celui du tambour auquel on doit donner une très-grande vitesse de rotation ; celui C reçoit les poulies de commande, et est poussé par un très-fort ressort qui fait appuyer les cônes l'un contre l'autre ; cet arbre n'a pas de collets dans le sens de la poussée.

Le cône A est en fonte et tourné du côté du contact ; il est monté sur une partie conique de l'axe et serré au moyen d'un écrou *a*. On conçoit bien, surtout après ce que nous avons essayé de démontrer à propos du cône (fig. 4), qu'il n'est pas nécessaire d'ajouter une clavette pour le fixer.

Le cône B est composé de rondelles en cuir *b* que l'on serre fortement sur la partie de fonte au moyen d'un écrou *a'*, et que l'on tourne ensuite suivant la forme exigée.

On emploie du cuir, attendu que le frottement de cette matière sur la fonte est plus grand que celui de deux pièces de métal, et que le cuir n'est pas aussi susceptible de se polir par le frottement, que deux corps d'une même dureté. Quelquefois on saupoudre les surfaces avec de la résine en poudre.

Calcul de la puissance transmise. — Nous avons vu plus haut que l'effort pouvant être exercé par ce système d'engrenage, était égal au frottement développé au contact des cônes mis en mouvement. Ce frottement dépend d'une pression initiale exercée par le bout de l'axe de commande C et du rapport des diamètres des cônes. La ligne du contact *cf*, formant un angle *ecf* avec l'axe C, direction de l'effort ; si nous représentons cet effort par une grandeur quelconque *ec*, la pression résultante et effective doit être égale à *ed*, abaissée de *e*, perpendiculairement à *cf*. Le triangle *edc* étant semblable à celui *cgf*, on peut énoncer ainsi la règle servant à calculer la pression réelle exercée au contact des cônes :

La pression effective est à celle initiale comme le rayon cg est à la diagonale cf.

Cette règle étant résumée par une formule générale, on a :

$$P' = P \times \frac{R}{\sqrt{R^2 + r^2}}$$

dans laquelle

P représente la pression initiale exercée au bout de l'arbre de commande.

P' la pression effective au contact.

R et *r* les rayons respectifs des cônes.

(1) Nous avons publié, dans le IIIe volume, des appareils analogues, appliqués au séchage des tissus et des matières filamenteuses. Depuis, on a multiplié les applications du principe de la force centrifuge dans un grand nombre d'industries.

Si nous supposons, afin de fixer les idées par un exemple, que l'arbre C soit poussé par un ressort exerçant un effort de 100 kilogrammes, les diamètres conservant leur rapport, qui est ici 1 : 2, nous aurons comme pression effective,

$$P' = 100 \times \frac{2}{\sqrt{2 \times 2 + 1}} = 89^{\text{kil.}}4.$$

On aura l'effet utile à l'entraînement, en multipliant P' par le coefficient de frottement égal dans le cas présent de 0,12 à 0,15 : soit

$$89{,}4 \times 0{,}12 = 10^{\text{kil.}}7.$$

Ce dernier chiffre représente, en définitive, la pression P à la circonférence des engrenages et des poulies.

On doit tenir compte évidemment, pour avoir le résultat exact, des frottements des axes dans leurs coussinets, et surtout de celui D qui reçoit toute la pression P.

On peut conclure des données ci-dessus que les poulies à friction ne doivent être employées que pour transmettre des efforts peu considérables.

Il est à remarquer que le meilleur système est celui des cônes taillés d'après la méthode des engrenages d'angle, ou encore les cylindres qui sont en contact par leur circonférence, ces deux dispositions ne produisant pas de glissement, comme cela a lieu quand on fait commander un plateau tournant par un cylindre dont l'axe est parallèle à la surface du plateau.

On doit observer également que le cône de commande A doit être sensiblement plus grand que celui B, afin de ne pas être obligé d'exercer une pression initiale trop forte, dont l'excès produit des frottements en pure perte pour le travail utile.

Nous avons montré récemment la belle application que MM. Fontaine et Fromont, de Chartres, ont faite des poulies à friction, de forme cylindrique, dans les moulins à blé, pour faire marcher les meules, en les disposant de telle sorte que leur vitesse à la circonférence soit très-grande, pour n'avoir qu'une légère pression latérale à exercer sur elles.

(Fig. 16) CÔNE D'EMBRAYAGE A FRICTION. — Nous trouvons encore ici une application très-intéressante de la friction à la transmission de mouvement.

A est une roue d'engrenage d'angle montée folle sur un arbre C, mais qui se trouve maintenue dans sa position par deux viroles *b*. Elle commande une roue A' montée fixe sur l'axe à mettre en mouvement. Un manchon B, disposé sur le même arbre, mobile dans le sens longitudinal et claveté, vient embrasser sur toute sa circonférence une partie très-légèrement conique D, solidaire avec la roue A.

Le manchon B est muni comme à l'ordinaire d'une gorge cylindrique *a*,

par laquelle, au moyen d'un levier à fourche, on l'engage sur la roue pour embrayer, ou on le reporte en sens inverse pour suspendre le mouvement.

La course rectiligne de ce manchon est limitée entre les deux embases *b* et *b'*.

Il est très-facile de concevoir que la forme conique de la partie D constitue un véritable coin, très-peu prononcé, par lequel une légère pression exercée contre le manchon produit un grand effort à la circonférence de la roue, au moment de la mise en marche; encore doit-on ménager cette action afin d'éviter un grippement qui rendrait le désembrayage très-difficile, au bout d'un certain temps de marche.

Ce système a été appliqué depuis bien des années dans les manufactures de tabac, pour le mouvement des machines à tamiser, et des moulins, que l'on est obligé d'arrêter souvent et de remettre en marche.

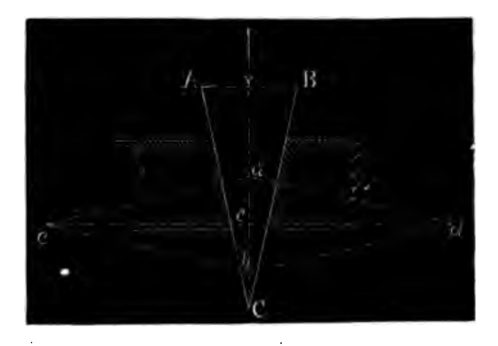
ENGRENAGES A COIN DE M. MINOTTO,

Ingénieur à Turin.

M. Minotto est l'inventeur d'un système d'engrenage à friction, qui repose sur les propriétés du coin.

Si nous supposons deux roues ou tambours A et A', dont les circonférences cylindriques soient taillées comme l'indique la fig. 17, suivant des gorges angulaires *a*, auxquelles correspondent autant de nervures *b* de la même forme; si, d'autre part, les deux tambours A et A' sont pressés l'un contre l'autre, ils devront s'entraîner mutuellement, mais en raison d'une adhérence considérablement augmentée par l'effet des coins.

Avant d'entrer dans les détails des considérations présentées par l'auteur, nous allons essayer de rappeler les propriétés du coin.



THÉORIE DU COIN. — La somme des pressions P' transmises par un coin isocèle ACB, dans des directions perpendiculaires à ses faces, est, à la pression P exercée sur AB, suivant CD, comme AC est à $\frac{1}{2}$ AB.

Si nous admettons que l'effort P soit égal à 100 kil., et que AB soit la 10e partie de AC, ou CB, la pression totale transmise par les faces du coin égalera 2000 kil.

Le coin agissant par deux faces seulement, chacune d'elles exercera une pression de 1000 kil.

Si le coin était remplacé par un cône, comme dans l'exemple fig. 4, la pression P' se trouverait répartie sur la circonférence entière.

Pour se rendre raison de cette loi, il suffit de jeter les yeux sur la figure ci-contre, sur laquelle la puissance P étant représentée par une grandeur quelconque *ab*, le parallélogramme *acbd* montre que *ac* et *ad*, dirigés perpendiculairement aux faces du coin AC et BC, représentent les forces composantes qui font équilibre à celle *ab*.

Mais, comme le triangle *acb* est semblable à celui ACB du coin, il en résulte que :

$$ab : ac :: AB : AC.$$

D'où l'on peut conclure :

$$ab : 2\,ac :: \tfrac{1}{2}\,AB : AC.$$

M. Minotto a donc utilisé cette propriété du coin, pour construire ses engrenages par friction.

Les conditions de marche de ces engrenages sont toujours basées sur les mêmes principes que pour ceux ordinaires : c'est-à-dire qu'après avoir déterminé la pression ou l'effort à produire à la circonférence, cette pression est égale au frottement qu'il est nécessaire de produire pour opérer l'entraînement des circonférences.

Si les tambours étaient simplement cylindriques, la pression initiale serait déterminée en divisant l'effort à la circonférence par le coefficient du frottement relatif aux surfaces en contact.

Avec les engrenages à coin, cette pression diminue considérablement suivant ce qui a été dit plus haut, et varie avec l'angle du coin.

Nous avons publié dans notre journal le *Génie industriel*, VIe vol., pages 329 à 336, l'extrait d'un mémoire très-intéressant de M. Minotto, dans lequel cet ingénieur signale les applications les plus importantes de l'engrenage à coin.

Il s'efforce de démontrer les avantages qui devraient ressortir nécessairement de l'application de ces engrenages aux hélices des bâtiments à vapeur et aux locomotives.

Tout le monde sait, en effet, qu'une des principales difficultés inhérentes à la composition de ces dernières consiste dans la grande vitesse de rotation des roues motrices, qui doit venir directement des pistons à vapeur, ce qui nécessite de donner à ceux-ci une vitesse infiniment supérieure à celle des machines fixes, donnant le meilleur effet utile.

On pourrait peut-être, à l'aide des engrenages du système de M. Minotto, faire correspondre les pistons de la locomotive à un arbre intermédiaire, qui transmettrait le mouvement à l'essieu des roues motrices, en multipliant la vitesse dans un rapport convenable, chose complétement impossible avec des engrenages ordinaires dont l'application, dans un tel cas, est irréalisable.

La forme en coin pourrait encore avoir, selon l'auteur, une très-heureuse application aux rails des chemins de fer et aux mêmes roues motrices. La puissance d'une locomotive dépendant de l'adhérence sur les rails par son propre poids, il est aisé de concevoir combien ce poids pourrait être augmenté par la simple forme en coin donnée aux rails et aux roues motrices.

On trouve en effet, d'après les propriétés du coin, qu'avec les rails ainsi que les roues motrices taillés de cette façon sous un angle d'environ 20°, la charge serait augmentée, par ce seul fait, de plus de 48 tonneaux métriques.

Dans l'établissement de MM. Buddicom et Cᵉ à Sotteville, près Rouen, M. Pierre Conti vient de faire l'application de l'engrenage à coin transmettant une force de 10 chevaux.

Le même ingénieur s'occupe d'en faire également d'autres applications à l'usine de Seraing en Belgique.

Nous pensons que pour compléter les documents relatifs à ce système, on ne verra pas sans quelque intérêt le mémoire que vient de présenter M. Minotto à l'Académie des Sciences.

CONSIDÉRATIONS

SUR LES ROUES A AXE MOBILE DANS LE SYSTÈME DE L'ENGRENAGE A COIN.

Dans les engrenages ordinaires, dans les poulies à courroies, et enfin dans tout système de transmission des mouvements dont les arbres sont portés dans des coussinets immobiles, il est à peu près indifférent que la puissance et la résistance soient appliquées à des points quelconques de la circonférence, si ce n'est pour l'usure des coussinets qui sera plus forte d'un côté que de l'autre, selon le sens dans lequel l'arbre est poussé.

Il n'en est pas de même lorsque les coussinets sont mobiles, et quand, ainsi que dans l'engrenage à coin, on a besoin d'une certaine pression entre les roues qui doivent se conduire réciproquement. Alors il est très-important d'appliquer la résistance au point convenable, relativement au point d'application de la puissance et à la direction de celle-ci.

Ce sont des considérations de ce genre qui ont échappé à ceux qui se sont jusqu'à présent occupés de notre engrenage, et que nous allons exposer.

En réfléchissant un peu sur les conditions dans lesquelles se trouve la roue à coussinets mobiles, exigées par l'engrenage à coin, on voit de suite qu'il doit y avoir des dispositions dans lesquelles la pression qui se fera sur l'arbre se reportera toute ou en partie sur les roues, et d'autres, au contraire, où la pression sur l'arbre sera en sens opposé à celle qu'on devra faire sur les roues.

Par conséquent, la charge qui sera nécessaire pour avoir la pression sur les roues pourra, dans le premier cas, être très-petite et même nulle; dans le second, elle devra être égale à la totalité de celle nécessaire pour avoir la pression voulue, augmentée encore de la quantité nécessaire pour vaincre la poussée contre l'arbre, et qui tend à l'éloigner.

Le principe en général, exposé ainsi, nous avons à considérer quelques cas particuliers pour en déduire les règles à suivre dans l'application de la puissance et de la résistance aux roues mobiles de l'engrenage à coin, règles qui peuvent beaucoup influer sur sa meilleure réussite.



Fig. 1.

Soient A et B (fig. 1), deux roues, dont l'une à gorge et l'autre à coin, qui doivent se conduire mutuellement.

Soit A, la roue dont les coussinets sont fixes;

B, celle dont les coussinets sont mobiles;

Enfin, soit ab, la puissance appliquée à la roue A, et qui la fait marcher dans le sens indiqué par la flèche.

Voyons ce qu'il arrivera selon qu'on appliquera la résistance à l'un ou à l'autre des points m, n, o, p, et, afin de mieux s'en faire une idée, supposons un moment qu'on place successivement à chacun de ces points des résistances insurmontables.

Il est clair alors que la puissance de la roue A, agissant dans la direction de la tangente ab, fera pivoter la roue B autour des points susdits, et que son arbre q, s'il était parfaitement libre, décrirait des arcs de cercle qui auraient successivement pour centre les points m, n, o et p.

I. — D'après cela, quand la résistance est au point m, l'arbre q est poussé de droite à gauche, c'est-à-dire contre la coulisse qui guide ses coussinets; cette pression n'a aucune influence sur celle de la roue B contre l'autre A.

II. — Si la résistance était au point n, l'arbre q serait poussé de haut en bas, et cette même pression pousserait ainsi la roue B contre celle A, et contribuerait par là à augmenter l'adhérence.

III. — Si la résistance était au point o, l'arbre q serait poussé de gauche à droite, c'est-à-dire contre la coulisse qui guide ses coussinets, et cette pression n'aurait aussi aucune influence sur celle de la roue B contre l'autre A.

IV. — Quand enfin la résistance est au point p, l'arbre q est poussé de bas en haut, et cette pression éloigne la roue B de celle A, ou balancerait une charge égale appliquée sur les coussinets de la roue B.

Le contraire arriverait dans chaque point d'application de la résistance si la puissance faisait marcher la roue dans un sens opposé à celui indiqué par la flèche.

En résumé, les dispositions I et III seraient indifférentes, et il faudrait produire par une charge additionelle sur la roue B la pression nécessaire à l'adhérence que l'on veut obtenir; la disposition II produirait une pression de B contre A proportionnelle à la puissance qu'on emploie; la disposition IV produirait une diminution de pression proportionnelle aussi à la puissance employée.

Un corollaire très-important qui découle déjà de ce que nous venons de dire, c'est que : *dans les roues à coussinets mobiles de l'engrenage à coin, il est toujours bon que la résistance soit appliquée du côté même où se dirige la puissance.*

Après avoir reconnu en quel sens se fait la pression sur l'arbre de la roue à coussinets mobiles, voyons à présent quelle est la partie de cette pression qui agit utilement pour pousser B contre A, selon les différents points de la circonférence où l'on applique la résistance.

Dans le cas de la fig. 1re, quand la résistance est en *n* au niveau de l'arbre, c'est comme si nous avions le levier coudé *m n q* (fig. 2), qui aurait son centre de mouvement en *n*, et la puissance appliquée en *m* dans la direction de *a b*.



Fig. 2.

A cause de l'obliquité de cette direction, la partie de la puissance qui agira utilement sera à la totalité dans la même proportion que le côté *m b* à celui *m c* du parallélogramme des forces *m b' c d* ou que le cosinus de l'angle *b m c* au rayon, c'est-à-dire, dans ce cas, de 0,7071. Mais la longueur du bras *m n* sera dans le rapport de 1,414, à celle du bras *n q*. Donc la partie de la puissance qui agira en *q* sera de :

$$0,7071 \times 1,414 = 0,9998.$$

Comme dans ce cas la direction normale de la pression en *q* est de haut en bas, il en résulte qu'il y aura une pression utile égale à la puissance qui poussera la roue *b* contre celle A.

Quand le bras *q n* n'est pas horizontal, il faut tenir compte aussi de l'obliquité de la pression en *q* pour voir quelle est la partie qui se fera dans le sens utile à la poussée de B contre A.

Ainsi, par exemple, dans la figure 3, qui suppose le point *n* plus bas que l'arbre *q*, il faut décrire en *q* le parallélogramme des forces *q e f g*, et la pression utile sera dans le rapport du côté *q g* à la ligne *q f*, c'est-à-dire comme le cosinus de l'angle *f q g* au rayon.

Donc, pour connaître le rapport entre la puissance et la pression utilisée pour pousser B contre A, ou pour obtenir l'adhérence, selon les différents points de la circonférence où l'on appliquera la résistance, il faudra tenir compte de trois choses; c'est-à-dire :

(*a*) De l'obliquité d'action de la puissance par rapport à la direction normale;

(*b*) Du rapport du bras du levier *m n* à celui de la longueur invariable *q n*;

(*c*) Enfin de l'obliquité de la direction de la pression en *q* relativement à la direction utile à la pression de B contre A. Il faudra donc pour chaque point trouver les coefficients *abc* de ces trois rapports, et on aura alors la formule très-simple :

$$x = p\,a\,b\,c,$$

p étant la puissance appliquée en *m* et *x* le rapport de la pression utile à cette puissance.



Fig. 3.

Le tableau suivant donne les trois coefficients et les valeurs de *x*, en faisant varier de cinq en cinq degrés le point d'application de la résistance relativement à celui où est appliquée la puissance.

On voit par ce tableau que le point qui donne le plus de pression utile est celui où la distance entre l'application de la puissance et de la résistance sur la circonférence de la roue à coussinets mobiles est de 120°; et que si la distance est au-dessous de 90° la pression utile est moins forte que la puissance.

Comme cependant la quantité de pression obtenue dans ce cas pourrait être beaucoup plus forte qu'il ne le faudrait et augmenter inutilement le frottement, on voit qu'on pourra diminuer la pression en appliquant la résistance à un point plus ou moins éloigné de celui qui donne le maximum de pression. On sait, par exemple, que plus l'angle que feront les faces du coin sera aigu, moins de pression il faudra pour avoir l'adhérence; il s'ensuit que plus aussi devra être éloigné de 120° le point où l'on appliquera la résistance.

Si l'on adoptait la disposition du n° IV, c'est-à-dire si la résistance était appliquée sur un point quelconque de l'autre semi-circonférence que celle du côté où se dirige la puissance, ce même tableau donnerait la pression nuisible, c'est-à-dire l'excès de la charge qu'on devrait mettre pour avoir l'adhérence.

Comme c'est en général un grave inconvénient que le besoin de faire mobiles les coussinets d'une des roues d'engrenages, j'ai déjà exposé l'avantage qu'il y avait à

maintenir fixe l'arbre de la roue qui reçoit la puissance aussi bien que celui de l'autre à laquelle on applique la résistance, en faisant mobile une troisième roue dont le seul effet soit celui de transmettre le mouvement de l'une à l'autre des deux roues, ainsi qu'on le voit dans la figure 4, où nous supposons la force appliquée à la roue à gorge A dans la direction ab, et la résistance à la roue à gorge B en y. La roue à coin C à coussinets mobiles s'appuiera par son poids sur les deux autres.

TABLEAU

DES PRESSIONS UTILES OU NUISIBLES OBTENUES SELON LES POINTS OU L'ON APPLIQUE LA RÉSISTANCE RELATIVEMENT A LA PUISSANCE SUR LES ROUES A COUSSINETS MOBILES DE L'ENGRENAGE A COIN

Distance entre l'application de la puissance et de la résistance sur la roue à coussinets mobiles.	APPLICATION DE LA PUISSANCE.		RAPPORT entre les deux bras de levier mr et mp.	PRESSION OBTENUE UTILE OU NÉGATIVE.		VALEURS de x ou rapports entre la pression utilisée et la puissance.
	Angle avec la direction normale.	Cosinus de cet angle, ou coefficient a de l'effet utile de la puissance.		Angle de la pression avec la direction normale.	Cosinus de cet angle, ou coefficient e de la partie de pression utilisée.	
Degrés. 180	0	1.000	2.000	90	0.000	0.000
170	5	0.996	1.992	80	0.174	0.348
160	10	0.985	1.970	70	0.342	0.663
150	15	0.966	1.932	60	0.500	0.933
140	20	0.940	1.879	50	0.643	1.136
130	25	0.906	1.813	40	0.766	1.258
120	30	0.866	1.732	30	0.866	1.299
110	35	0.819	1.638	20	0.940	1.261
100	40	0.766	1.532	10	0.985	1.156
90	45	0.707	1.414	0	1.000	1.000
80	50	0.643	1.286	10	0.985	0.844
70	55	0.574	1.147	20	0.940	0.648
60	60	0.500	1.000	30	0.866	0.433
50	65	0.423	0.845	40	0.766	0.276
40	70	0.342	0.684	50	0.643	0.150
30	75	0.259	0.518	60	0.500	0.067
20	80	0.174	0.347	70	0.342	0.024
0	90	0.000	0.000	90	0.000	0.000

Or, d'après les principes que nous avons exposés nous aurons une pression de la roue C contre les autres AB d'autant plus forte, proportionnellement à la puissance,

que la distance entre les points *a* d'application de la puissance et *c* d'application de la résistance *v* s'approcheront de 120 degrés.

Si, au contraire, la puissance se faisait agir dans le sens *ba*, et si la résistance était appliquée du côté de la ligne *v'*, la roue C serait repoussée des deux autres, et il faudrait charger beaucoup plus ces coussinets pour avoir l'adhérence nécessaire.

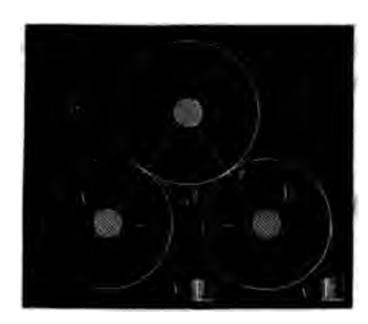


Fig. 4.

Si, après cela, on demande quels sont les avantages pratiques qu'on peut retirer de ces considérations pour les applications de l'engrenage à coin, on verra :

1° Que par une disposition convenable on peut éviter le besoin de la charge sur la roue à coussinets mobiles.

2° Que la pression entre les deux roues devient toujours proportionnelle à la force à transmettre, quelle que soit la variabilité de celle-ci. Cet avantage est très-important, car si, au contraire, on appliquait la résistance d'après une des dispositions des n°s I ou III, il faudrait toujours mettre une charge capable de donner le maximum d'adhérence nécessaire pour les plus grands efforts à transmettre; ce qui augmenterait inutilement le frottement et l'usure. Ce serait bien pis si l'on adoptait la disposition du n° IV, car alors la charge devrait être encore beaucoup plus forte.

Il pourra cependant se présenter souvent le cas que la roue mobile soit obligée de tourner tantôt dans un sens et tantôt dans l'autre, en ayant toujours une résistance à vaincre, de manière que quand elle tournerait d'un côté, on utiliserait beaucoup de pression qui se fait sur l'arbre, et quand elle tournerait de l'autre côté, on aurait l'effet contraire. Il paraîtrait utile alors ou d'appliquer la résistance dans un des points neutres, c'est-à-dire d'adopter l'une des deux dispositions I et III, de manière que la même charge fût toujours nécessaire, ou de maintenir la charge plus lourde lors même qu'une faible pression suffirait ou qu'il n'y en aurait pas. On conçoit d'abord que si la direction du mouvement ne change pas à chaque instant, il est bien facile de trouver des moyens d'ôter ou de mettre la charge sur les coussinets mobiles; mais souvent encore on pourra s'arranger de manière que la charge s'ajoute ou non d'elle-même selon le sens dans lequel tourne la roue.

Pour donner un exemple de cette dernière disposition, supposons les trois roues de la figure 4 appliquées à une locomotive de manière qu'il n'y ait pas besoin d'aucune charge sur les coussinets de la roue C quand la locomotive marche en avant. Si l'on admet la charge attachée à un levier coudé dont l'autre extrémité tiendrait à une chaîne attachée au tender, il est clair que quand la marche est en avant, la locomotive tirant le tender, la chaîne tirera le bras du levier et tiendra la charge soulevée.

Quand, au contraire, la marche sera en arrière, la locomotive poussera le tender, la chaîne fléchira et laissera descendre la charge sur les coussinets.

Des moyens semblables pourront être appliqués aux machines qui se trouveraient dans des circonstances analogues. Nous ne manquerons pas l'occasion de faire connaître les applications, comme aussi de publier les dispositions récemment imaginées par M. Minotto pour les engrenages d'angle, exécutés avec le système à coin.

PROCÉDÉ DE FABRICATION DES SUCRES DE BETTERAVES,

PAR M. MAUMENÉ.

Un habile chimiste de Reims, M. Maumené, vient d'imaginer un procédé de fabrication de sucres de betterave, permettant de prolonger, pendant toute l'année, les travaux des sucreries.

Ce procédé consiste à extraire le jus de l'approvisionnement entier de betteraves, à y ajouter immédiatement la proportion de chaux suffisante pour transformer tout le sucre en *saccharate de chaux;*

Soit 1,5 équivalent de chaux pour 1 de sucre.

La défécation se ferait à froid, et le liquide clair, ultérieurement traité par l'acide carbonique, au fur et à mesure de la fabrication, donnerait le sucre préservé jusque-là de toute altération.

M. Payen, tout en faisant remarquer que la pratique est nécessaire pour bien faire juger ce procédé, a admis que théoriquement on pouvait en attendre de bons résultats, puisqu'il éviterait les altérations du sucre cristallisable qui forcent à limiter à quatre mois la durée du traitement des betteraves.

SYSTÈME ÉCONOMIQUE

DE DISTILLATION

OU DE

FABRICATION DE L'ALCOOL DES BETTERAVES

ET SON APPLICATION DANS LES FERMES,

Par M. CHAMPONNOIS.

(PLANCHE 34.)

En publiant un dessin du procédé de fabrication proposé par M. Champonnois, pour extraire l'alcool de la betterave, nous ne pouvons mieux faire que de l'accompagner d'un extrait des documents intéressants que M. Payen a réunis, sur ce sujet, dans un ouvrage spécial qu'il a fait paraître récemment sous le titre de: *Traité de la distillation des betteraves, considérée comme industrie annexe des fermes et des sucreries.*

« Jusqu'à ces derniers temps, dit l'auteur, la fabrication de l'alcool au moyen des vins surabondants de plusieurs départements du sud, de l'ouest et du centre de la France, s'ajoutant aux produits alcooliques tirés des marcs de raisin, de différents fruits, des pommes de terre, des grains, de la fécule ou des mélasses, subvenait amplement à la consommation en eaux-de-vie, liqueurs et alcool à divers degrés pour l'économie domestique et les arts, ainsi que pour nos exportations en ce genre. Mais les maladies qui sévissent plus ou moins fortement chaque année, depuis 1845 et 1850, sur les pommes de terre et les vignes (1), ont tellement réduit la production de l'alcool et des eaux-de-vie, qu'elle est devenue insuffisante.

« Les cours de ces produits se sont élevés au point que l'alcool 3/6 (2),

(1) Voyez un petit volume sur ces maladies, et les moyens de les combattre, par M. Payen, chez Hachette, libraire, 1853.

(2) On appelle *trois-six*, dans le commerce, l'alcool à 33° de l'aréomètre Carrier, ou celui

par exemple, qui valait 50, 55, 56, 57, 60 fr., ou, en moyenne, 55 fr. 60 c. l'hectolitre, de 1847 à 1851 inclusivement, s'est vendu 131 fr. pendant l'année 1852, 215 fr. en 1853, et 170 à 180 fr. en 1854. Le déficit sur les récoltes des céréales, l'année dernière, déficit sensible encore malgré des importations dépassant 5 millions d'hectolitres de froment, a contribué à soutenir la hausse des alcools, car on emploie une proportion notable d'orge germée pour saccharifier ou préparer à la fermentation alcoolique et à la distillation les pommes de terre comme les grains eux-mêmes.

« Le gouvernement a même dû prendre en 1854 une sage mesure à cet égard, en empêchant temporairement la fabrication des alcools de céréales et autres substances alimentaires.

« Toutefois une baisse légère d'environ 16 p. 0/0 a pu être amenée par la fabrication nouvelle de l'alcool des betteraves, qui déjà représente une production annuelle de 90,000 hectolitres; on a fabriqué, en outre, environ 12 millions de litres d'alcool à 36° des mélasses.

« Si la moitié des sucreries étaient transformées en distilleries, un certain nombre de fermiers se proposant, d'ailleurs, d'annexer cette industrie à leur exploitation agricole, la nouvelle source de produits alcooliques pourrait suffire aux débouchés que trouvent en France les esprits 3/6; en effet, voici quel serait alors approximativement la production totale :

Alcool à 36° du jus des betteraves pressées....	300,000	hectol.
— — de la macération dans les fermes.	100,000	—
— — provenant des mélasses.........	60,000	—
— — des vins et marcs de raisins......	160,000	—
Total.............	620,000	hectol.

« Or on admet que la production moyenne était, en France, de 550,000 hectolitres dans le Midi; la distillation des grains, des pommes de terre et de la mélasse pouvait y ajouter 120,000 hectolitres d'esprit 3/6, ce qui élevait la production totale à 670,000 hectolitres. On voit que cette quantité pourrait être atteinte ou à peu près, dès la première année, par le concours de la nouvelle industrie. »

M. Payen ne doute pas que la distillation du jus des betteraves ne devienne une industrie annexe des fermes et des petites exploitations rurales.

Déjà les résultats obtenus par M. Champonnois, soit chez M. Huot fils à Troyes, soit dans d'autres localités, prouvent bien en faveur de son système et donnent les meilleures espérances.

Les alcools devenant plus économiques, trouveront de plus grands débouchés dans leurs applications à l'éclairage domestique, au chauffage des

dont *trois* volumes, mêlés avec trois volumes d'eau, forment, à peu près, *six* volumes de liquide marquant 19° au même aréomètre, la température de l'air ambiant étant de 15°. Le *trois-cinq* est celui dont *trois* parties, plus deux d'eau, donnent *cinq* parties à 19°.

laboratoires et des appartements, à la production de l'éther, à la confection des vernis, des pâtes de caoutchouc, etc.

Et lors même que la baisse des prix ne laisserait plus de bénéfices suffisants aux grandes distilleries, on peut espérer que dans les fermes l'industrie annexe de la distillation offrira encore l'avantage important de produire très-économiquement, et peut-être même gratuitement, la nourriture des animaux représentée par les résidus.

C'est particulièrement sous ce point de vue que nous avons cherché à publier le système de M. Champonnois, après l'avoir vu fonctionner chez M. Huot, qui a mis une obligeance extrême à nous montrer toute son installation et à nous donner toutes les explications désirables.

DESCRIPTION DU PROCÉDÉ DE M. CHAMPONNOIS, REPRÉSENTÉ SUR LES FIG. 1 ET 2, PLANCHE 34.

Ce système comprend, après la culture et la conservation de la betterave, les opérations principales suivantes :

1° Le lavage des racines ;
2° Le découpage ;
3° L'extraction du jus ;
4° La fermentation ;
5° La distillation proprement dite ;
6° L'emploi des résidus.

Ces opérations sont effectuées à l'aide des appareils indiqués sur le plan général fig. 1re, sur l'élévation fig. 2, lesquels sont dessinés à l'échelle de 1/120.

Les fig. 3 et 4 montrent sur une plus grande échelle les cuves de fermentation et l'appareil de distillation.

Quant à la disposition générale des divers organes employés dans cette fabrication, on conçoit qu'elle varie naturellement selon les localités, comme suivant les quantités de betteraves sur lesquelles on veut opérer. Le moteur lui-même, qui, dans bien des cas, est un manége conduit par des chevaux ou des bœufs, peut être aussi une machine à vapeur ou une roue hydraulique.

LAVAGE. — Les betteraves étêtées, telles qu'elles arrivent des champs dans l'usine, sont soumises à un nettoyage à l'aide d'un laveur mécanique ordinaire A, qui n'est autre qu'un cylindre à claire-voie formé de trois croisillons en fer fixés sur un axe *a* et portant chacun un cercle *b*, sur lequel sont maintenus des liteaux ou tringles en fer ou en bois *c*, et semblable en tous points aux laveurs en usage dans les sucreries et les féculeries (1).

Ce cylindre, à demi plongé dans l'eau qui remplit une caisse en bois *d*,

(1) Voir les pl. 20 et 21 du tome 11e de ce Recueil, relatives à la fabrication des fécules.

est mis en mouvement par l'arbre de couche en fer *e* avec une vitesse de 12 à 15 tours par minute ; les betteraves, jetées dans une trémie *f* placée au-dessus, tombent dans le cylindre au bout le plus élevé. En roulant et frottant les unes sur les autres au milieu de l'eau, les racines se nettoient mutuellement, et, suivant la pente d'environ 10 centimètres donnée à l'axe et au cylindre laveur sur sa longueur de 2 mètres, elles descendent peu à peu vers le bout opposé, où une grille en hélice les rejette, par le mouvement rotatif même, au dehors du cylindre, sur un plan incliné à claire-voie *g*. Des femmes ou des enfants les prennent, les épluchent, s'il y a lieu, pour enlever, au couteau, les portions qui seraient atteintes de pourriture (surtout vers la fin de la saison, en mars et avril) ; on les jette ensuite dans la trémie d'un coupe-racines B.

DÉCOUPAGE. — Cet appareil est formé d'un disque rotatif en fonte *h*, percé de quatre ouvertures rectangulaires, dans lesquelles une lame tranchante comme le fer d'un rabot coupe les betteraves en tranches minces, préalablement divisées en bandelettes par de petites lames perpendiculaires et en avant de la première, ou par des lames à dents de bouvet, ayant une largeur égale à celle que doivent présenter les *cossettes* ou rubans de betteraves. La substance ainsi divisée ressemble aux lanières minces et étroites de diverses racines découpées, d'une manière analogue, par un ustensile à main, pour confectionner les *juliennes* de légumes. Ces lanières ou fines *cossettes* ont une largeur de 5 millimètres, une épaisseur de 3 millimètres, et une longueur variable.

Le découpage des betteraves exige une force mécanique de moitié moindre, pour d'égales quantités, que le râpage à l'état de pulpe ; ainsi deux hommes aux manivelles, travaillant pendant 25 à 30 minutes chaque heure, suffisent pour diviser 2,250 kilogrammes de betteraves en 9 ou 10 heures.

Quand on marche avec un moteur, il est tout naturel de prendre le mouvement du coupe-racines, comme du laveur, sur l'arbre de couche *e*, qui se prolonge dans la longueur de l'usine.

EXTRACTION DU JUS SUCRÉ. — Afin d'extraire le jus des betteraves découpées, M. Champonnois emploie un système de macération et de déplacement nouveau.

Les cossettes de betteraves sont mises dans un cuvier C dont la contenance est de 550 litres, par exemple, muni d'un double fond en bois percé de trous comme une écumoire, et, au lieu de verser sur toute la masse de l'eau bouillante (1), il y fait arriver, bouillants, 200 litres de vinasse provenant de la distillation d'un jus précédemment soumis aux mêmes traitements, à la fermentation et à la distillation.

Au bout d'une heure, pendant laquelle un cuvier semblable et d'égale

(1) L'eau, en cet état, n'est utile que pour les premières opérations; on y substitue la vinasse dès que l'on a obtenu ce résidu liquide d'une première distillation.

contenance C′ a été rempli de betteraves coupées, on soutire le liquide (jus extrait par macération) de la première cuve et on le verse sur la betterave de la deuxième; on verse aussitôt une deuxième charge de vinasse sur la matière en partie épuisée de la première cuve, et on laisse cette deuxième macération s'effectuer pendant une heure. Durant le même temps, on remplit un troisième cuvier C^2 avec le produit du coupe-racines, qui continue à fonctionner à des intervalles de temps de vingt-cinq à trente minutes.

Le mélange de vinasse et de jus qui a séjourné une heure sur le troisième cuvier se trouve chargé du jus extrait par trois macérations successives; on le soutire en cet état pour le verser dans une des trois cuves à fermentation, que l'on commence ainsi à remplir. Le liquide soutiré offre un volume de 250 litres environ, une grande partie du jus normal ayant été déplacée par endosmose et le tissu amolli s'étant tassé sensiblement.

Le premier cuvier, dans lequel deux charges de vinasse ont séjourné chacune une heure et en ont été soutirées successivement, reçoit une troisième fois une charge de 200 litres de vinasse, dont on soutire le produit au bout d'une demi-heure, pour le faire couler dans une chaudière où sa température est ramenée au terme de l'ébullition.

On laisse égoutter la cossette, puis la betterave ainsi épuisée est extraite du cuvier (1) et portée à la ferme, pour être donnée aux bestiaux après une préparation que nous indiquerons plus loin.

L'opération, très-simple, continue ainsi de façon que, avec trois cuviers, à tour de rôle, le troisième s'emplit de betterave et reçoit aussitôt le liquide extrait du deuxième et qui a servi à une macération durant une heure; le deuxième est mis en macération pour la deuxième fois, et, le premier ayant effectué une troisième macération, la vinasse un peu chargée de sucre qu'il contient est conduite à la chaudière à réchauffer. Lorsqu'on soutire le liquide qui a passé une heure sur les betteraves neuves du troisième cuvier, pour verser ce liquide sucré dans la cuve à fermentation, le cuvier récemment rempli de betteraves reçoit le liquide ayant macéré une fois, qui est aussitôt remplacé par la vinasse d'une distillation effectuée en même temps : de telle sorte que les cossettes *épuisées* ont, en effet, reçu trois charges successives de vinasse, dont la dernière reste, en grande partie, engagée dans les tissus de la betterave, où elle prend la place du jus sucré primitivement contenu; celui-ci est passé du premier au deuxième, puis plus complétement au troisième, d'où il est versé dans les cuves à fermentation.

DÉTAIL DES CUVES DE MACÉRATION. — Nous avons indiqué sur une plus grande échelle (fig. 3) une élévation et un fragment de coupe verticale de ces cuves pour en mieux faire voir le service.

(1) On se sert, pour cette extraction, d'une double fourche articulée (voy. fig. 6, 7 et 8) qui fonctionne à l'aide de ses deux manches, comme le ferait, en petit, un *couvert*, semblablement articulé, usité pour prendre la salade.

Le premier cuvier C est supposé plein de betteraves découpées; il repose sur le faux fond *i* percé de trous. Un deuxième fond mobile *j* également percé de trous, posé librement sur les cossettes, les maintient assez pour que le jet de vinasse ou de jus déplacé qui doit y être versé, par les robinets *k* ou *l*, ne puisse déranger sensiblement leur superficie aplanie et nivelée préalablement.

Un tube latéral et contourné *m* permet de faire passer le jus déplacé par la vinasse du cuvier C sous le faux fond, dans la partie supérieure du cuvier C′, au dessus du deuxième fond à claire-voie. Il suffit, pour opérer ce virement, que le liquide dans le premier C s'élève au-dessus du niveau du liquide dans le second C′, et que la communication soit ouverte entre ces deux cuviers à l'aide du robinet à trois eaux *k*.

Le liquide déplacé dans le cuvier C′ par le jus pur ou mêlé de vinasse qui lui arrive ainsi, filtre au travers des cossettes pour arriver sous le faux fond, et il passe ensuite, par le tube contourné *m′*, dans le cuvier C^2, qu'il remplit à son tour.

Ce cuvier présente des dispositions semblables; mais, pendant tout le temps que l'on fait arriver la vinasse par le robinet *l* dans le cuvier C, la communication entre le fond du troisième cuvier C^2 et la partie supérieure du premier est interceptée à l'aide du robinet k^2, qui ferme à volonté cette communication et empêche le passage par le tube *n*.

Lorsque les trois charges successives de vinasse ont été versées dans le premier cuvier et ont fait passer le jus successivement déplacé dans les cuviers suivants, la cossette du premier ayant échangé tout son jus contre la vinasse qui s'y est à trois reprises substituée, il s'agit de vider ce cuvier: on ferme d'abord le robinet *k*, qui intercepte alors la communication avec le cuvier C′; puis on ouvre le robinet de fond *o* appliqué au premier, pour laisser écouler tout le liquide interposé par le tuyau *p* conduisant à la pompe P (fig. 1 et 2), au moyen de laquelle on remonte ce liquide dans la chaudière à réchauffer.

Les cossettes du cuvier C se trouvant alors bien égouttées, on enlève le fond à claire-voie *j*, qui recouvrait ces cossettes; on retire toute la cossette au moyen de la double fourche articulée F, détaillée fig. 6, 7 et 8.

La fig. 6 représente cette fourchette de face; la fig. 7 la montre ouverte au moment où l'on plonge la partie inférieure dentée dans la cossette épuisée, et la fig. 8 la représente fermée, lorsqu'on rapproche les poignées afin de serrer fortement la cossette engagée entre les deux fourches formant une sorte de pince, et de pouvoir extraire du cuvier la masse pulpeuse ainsi maintenue.

La cossette enlevée est jetée aussitôt sur le plan incliné, qui la fait couler sur le dallage ou pavé de la pièce voisine, où s'effectue le mélange avec les fourrages hachés, puis la fermentation de ce mélange dans des cuves ou bassins en maçonnerie.

Dès que le cuvier C est vidé, on le remplit de cossettes neuves comme la première fois.

Pendant ce temps on a fait arriver, de la chaudière à réchauffer D, par le tube *q* et le robinet *l'*, une charge de vinasse dans le cuvier C'. Cette charge a déplacé le liquide de ce cuvier C' pour le faire passer par le tube *m'* dans le cuvier C. Le liquide le plus sucré, ainsi déplacé à son tour, s'est, au fur et à mesure de son déplacement, écoulé par l'ouverture inférieure du robinet k^2, dont la clé a été convenablement tournée; ce liquide, descendant par le tube vertical *r*, a été conduit dans les cuves à fermentation par le tube horizontal *r'*, qui se prolonge dans cette direction.

Lorsque l'écoulement du jus sucré est fini, on ferme, à l'aide de la manivelle k^2, la communication avec les grandes cuves, en même temps que l'on ouvre, au moyen de ce même robinet à trois eaux, la communication entre le cuvier C^2 et le cuvier C par le tube horizontal *n*. On voit que ce cuvier C, rempli de cossettes neuves (betteraves fraîches que l'on vient de découper), se trouve alors être le troisième; car, lorsque l'on verse par le robinet *l'* une charge de vinasse dans le cuvier C', le liquide déplacé par cette vinasse passe dans le cuvier C^2, déplace le jus interposé que contient celui-ci pour le faire passer dans le cuvier C, qui, contenant alors aussi le jus le plus sucré, l'envoie à son tour, pendant que l'on verse une nouvelle charge de vinasse, dans le cuvier C', et, dès que l'on tourne convenablement le robinet *k*, dans le tube *r r'* qui le conduit aux cuves à fermentation.

Le cuvier C', dans lequel on a versé la dernière charge de vinasse, est alors isolé en fermant le robinet *k'*.

On fait écouler le liquide interposé (mélangé de vinasse avec un peu de jus) par le robinet de fond *o'*; celui-ci le laisse passer dans le tuyau *p*, et il se trouve conduit ainsi vers la pompe qui l'aspire et l'élève dans la chaudière à réchauffer.

Alors, à son tour, le cuvier C' est débarrassé de sa cossette égouttée, rempli de betteraves fraîches découpées; il devient le troisième de la série, et dès que l'on fait arriver une première charge, une deuxième, enfin une troisième charge de vinasse sur le cuvier C^2, il reçoit les liquides déplacés successivement dans les cuviers C et C'.

Il est facile de comprendre qu'ainsi, chacun à son tour, chaque cuvier se trouve être le premier, le deuxième et le troisième dans la série qui commence et finit cette sorte de lavage méthodique.

Fermentation alcoolique. — Nous venons de montrer, continue M. Payen dans sa description, qu'à l'aide d'une sorte de lessivage méthodique et de trois cuviers on obtient, toutes les heures, 250 litres de jus sucré, remplacé, presque en totalité, par la vinasse employée pour l'extraire et laissée dans les tranches, partiellement épuisées de sucre, des cuviers précédents.

Le jus sucré obtenu doit être à une température moyenne de 15 à 16

degrés. Généralement, lorsqu'il ne gèle pas, cette température est atteinte, tout naturellement, à l'aide de la vinasse qui, jetée presque bouillante, au sortir de l'alambic, sur les menues tranches pour opérer la première macération, en est extraite à 40 ou 50 degrés, et sort de la dernière macération à 15 ou 16 degrés. D'ailleurs l'atelier doit être clos de manière à entretenir, à l'aide de la chaleur de l'alambic et des réchauffoirs, la température de l'air ambiant à ce terme. Cependant, lorsque les betteraves arrivent à peu près à zéro du dehors, dans les temps les plus froids de l'hiver, on amène ces racines à la température convenable en les immergeant, pendant quelques minutes, dans de l'eau chauffée seulement à 40 ou 45 degrés, avant de les soumettre à l'action du découpoir.

Au fur et à mesure que la première cuve s'emplit avec le liquide de la macération versé jusqu'à ce que les 2,250 litres provenant des neuf soutirages de chacun 250 litres y soient arrivés, la fermentation se développe et continue ses progrès (1). Au bout de vingt-quatre heures, on met en communication deux cuves voisines, de sorte que le liquide qui fermente se répartisse, par égales portions, entre elles.

On commence alors à remplir à la fois ces deux cuves à demi pleines, de la même manière qu'on avait rempli l'une d'elles, en y faisant couler un petit filet des liquides qui arrivent successivement du lessivage méthodique.

Au bout de dix ou douze heures, les deux cuves étant remplies, la fermentation s'y continue et, douze heures plus tard, les cuvées se trouvent avoir, en quarante-huit heures, accompli, dans les mêmes conditions, presque totalement leur fermentation alcoolique par une *ébullition* continuelle que détermine le dégagement régulier du gaz acide carbonique, et qui cesse sensiblement alors.

L'une des deux cuvées est laissée en cet état pour se refroidir et être distillée vingt-quatre heures plus tard, tandis que l'autre cuvée, partagée en deux à son tour, remplit à moitié une autre cuve vide. A leur tour aussi, ces deux cuves, à demi pleines, reçoivent les jus de la macération ; la fermentation y redevient active à l'aide du ferment en suspension dans le liquide agissant sur la matière sucrée des nouveaux jus. Toutes deux sont remplies à la fin de la journée ; la fermentation continue la nuit sans addition et se trouve, comme la première fois, avoir accompli graduellement, en quarante-huit heures, ses phases principales.

On voit qu'une fois cette rotation établie on a, tous les matins, une cuve refroidie, que l'on distille dans la journée,

Une autre cuve, qu'on laisse refroidir durant vingt-quatre heures,

Une troisième cuve pleine du liquide au même état, que l'on répartit

(1) On détermine, une seule fois pour toutes, la fermentation, en ajoutant, dans la première cuvée, dès qu'elle a reçu 250 litres de jus, 4 kilogrammes de bonne levure de bière préalablement bien délayée dans 6 à 8 litres de jus ou d'eau ordinaire. Ce ferment s'y renouvelle ensuite de lui-même pendant tout le cours des opérations.

entre celle-ci et la quatrième, qui a été vidée la veille, pour alimenter l'appareil distillatoire.

On suit aisément la marche de la fermentation en consultant le thermomètre plongé dans le liquide, et dont les degrés s'élèvent de 16 à 22 ou 25°, et se soutiennent pour s'abaisser ensuite vers la fin de la réaction; alors, la densité ayant diminué en raison de l'alcool formé, on reconnaît que la fermentation a produit les résultats attendus en plongeant dans le liquide un aréomètre Baumé; celui-ci ne marque plus que 1 degré, tandis qu'il en marquait 5 à 6 dans le jus, avant que la fermentation alcoolique eût eu lieu, et qu'il marque 2 degrés pendant tout le temps que les jus sucrés arrivent graduellement, en neuf ou dix heures, dans les cuvées partagées en deux.

Ainsi donc, quatre cuves font tout ce service chaque jour. Lorsque l'une d'elles a été vidée pour alimenter la distillation et entretenir plein le réservoir supérieur de l'appareil, on trouve, à la fin de la décantation du liquide vineux, un dépôt boueux de ferment en excès au fond de cette cuve.

Ce dépôt, formant 20 à 30 litres, est mis dans la deuxième chaudière de l'alambic; si on le versait dans le réservoir supérieur, il pourrait offrir quelques inconvénients en s'écoulant dans les plateaux et les tubes de la colonne, s'attacher aux parois, éprouver quelque altération et déterminer la formation de produits pyrogénés à odeur désagréable, ou du moins obstruer les passages étroits du liquide et des vapeurs.

On voit en plan fig. 1 et en coupe verticale fig. 2 lesdites cuves à fermentation G, G′, G^2, G^3, auxquelles aboutit le tube alimentaire *p*, qui reçoit les décharges successives des jus sucrés déplacés par la vinasse dans les trois cuviers.

A l'aide de deux paires de robinets *ss′*, débouchant directement près du niveau supérieur desdites cuves, il est très-facile de faire arriver, soit dans l'une, soit dans deux de ces cuves, le jus sucré.

On peut également vider alternativement chacune de ces cuves, à l'aide des quatre robinets *t* adaptés chacun à la paroi latérale, à 50 ou 60 centimètres au-dessus du fond d'une cuve, et correspondant, dans l'intérieur, avec un tube plongeur, et, à l'extérieur, avec le tube *t′* commun aux quatre cuves, celui-ci aboutissant à une pompe P′, qui élève le vin dans le réservoir J, alimentaire de l'alambic.

Non-seulement le tube commun *t′* sert à la vidange des quatre cuves, mais encore il permet d'établir à volonté une libre communication entre elles toutes, ou entre deux ou trois seulement.

On a vu plus haut, en effet, qu'il est utile de mettre en communication deux cuves lorsque l'on veut, chaque jour, partager le liquide en fermentation dont une cuve est pleine, et une autre de ces quatre cuves, qui se trouve vidée et disposée pour recevoir cette demi-cuvée. L'opération est très-simple : les quatre robinets étant fermés, il suffit d'ouvrir, d'un côté,

le robinet adapté à la cuve vide, soit, par exemple, celui qui est adapté à la cuve G, et, d'un autre côté, le robinet adapté à la cuve pleine, soit, par exemple, celui qui est adapté à la cuve G^2, pour qu'aussitôt le liquide s'écoule de celle-ci dans l'autre, jusqu'au moment où, étant arrivé au même niveau dans les deux cuves G et G^2, tout écoulement cesse, et que, le partage étant opéré, on ferme les deux robinets. C'est alors qu'il faut faire arriver simultanément dans ces deux demi-cuvées le jus sucré fourni par l'un des trois cuviers macérateurs.

On ouvre donc les deux robinets situés sur le trajet du tube alimentaire spécial *p* et correspondant l'un à la cuve G^2, l'autre à la cuve G ; dès lors aussi, chacune des décharges du jus sucré venant de l'un des trois macérateurs par le tube *p* se répartit entre lesdites cuves G^2 et G, jusqu'à ce qu'elles soient remplies : on règle facilement, d'ailleurs, ce partage entre les deux cuves, en ouvrant plus ou moins les robinets correspondants. On est guidé dans cette répartition en consultant l'élévation progressive du niveau indiqué dans chaque cuve par un flotteur F duquel part un fil enroulé sur deux poulies *u* et muni d'un contre-poids *u'* qui passe devant une tige graduée ; on règle l'ouverture des robinets de façon à ce que le niveau monte également dans les deux cuves.

Distillation. — Cette opération, dit M. Payen, s'effectue sur les liquides préparés comme nous venons de l'indiquer, beaucoup plus facilement que sur les matières pâteuses ; les appareils économiques de combustibles, dits à distillation continue, s'y appliquent aisément, et notamment l'appareil de M. Derosne, représenté en coupe fig. 4. Sa production journalière doit correspondre à la quantité de liquide vineux que l'on obtient, c'est-à-dire qu'on y fera passer en dix heures, environ, les 2,250 litres disponibles chaque matin.

Voici comment on s'y prend pour obtenir, au moyen de cet appareil, l'alcool contenu dans le liquide soumis à la fermentation et refroidi :

Ce liquide vineux est élevé, à l'aide de la pompe P', du récipient où il s'est écoulé au sortir de la cuve, dans le réservoir J situé au-dessus de l'appareil, par le tube vertical *v* (fig. 2). Un flotteur attaché à une corde mince passant sur deux poulies indique, à l'ouvrier qui fait mouvoir la pompe, le niveau du liquide dans le réservoir élevé.

Un robinet adapté à ce réservoir permet de verser dans l'appareil le liquide à distiller, et d'une manière continue, en réglant l'écoulement de façon, d'une part, à obtenir, au sortir du serpentin, l'alcool distillé, au degré voulu, d'un autre côté à épuiser d'alcool la vinasse (qui marque alors environ 1° à l'aréomètre Baumé) pendant le temps que met à se remplir chacune des deux chaudières de l'appareil distillateur.

On satisfait à cette double condition, d'une manière économique, en réglant cet écoulement continu du liquide vineux (contenant environ 4 centièmes d'alcool réel), de telle sorte que l'alcool sorte du serpentin à 50° centésimaux environ (correspondant à 19° Cartier). La quantité de

vinasse obtenue par heure est alors à peu près de 200 litres, en une ou deux fois, pour un appareil produisant 180 litres d'alcool à 50° en dix ou douze heures (1).

La distillation, comme on le voit, suit les autres opérations que nous avons précédemment décrites ; elle les suivrait également, si le travail avait lieu jour et nuit pour l'appareil distillatoire comme pour les macérations, mais elle aurait alors les mêmes inconvénients signalés plus haut.

Au lieu de se borner à produire de l'alcool à 50° centésimaux, on pourrait aussi rectifier cet alcool et le porter à 85 ou 90, en le soumettant à une deuxième distillation dans le même appareil ; mais on compliquerait inutilement l'opération.

On voit en H et H′ sur les fig. 1, 2 et 4 les deux chaudières de l'appareil distillatoire Derosne, en *l* la colonne verticale, et en *l′* le serpentin couché ou horizontal, du même appareil.

Un tube de vidange x conduit la vinasse épuisée d'alcool de la première chaudière H, lorsque l'on ouvre son robinet de fond, dans le réservoir à vinasse K.

Ce réservoir à vinasse est muni d'un trou d'homme O, destiné à faciliter les nettoyages. Il est chauffé par la chaleur perdue d'un conduit de la fumée qui a passé autour des parois de la chaudière à réchauffer et se rend dans une cheminée d'appel, commune au fourneau de l'alambic, dont le foyer N est situé sous la chaudière H, et au foyer sous la chaudière à vinasse D.

M. Champonnois fait servir le réservoir à vinasse comme chaudière à réchauffer, et dirige par un carneau double la fumée échappée de la deuxième chaudière H′ dessous et autour des parois. Il lui a suffi de partager en deux capacités ce réservoir par un diaphragme vertical fixé longitudinalement. Le double vase ainsi formé contient dans une de ses capacités la vinasse qu'elle reçoit de la première chaudière de l'alambic H, chaque fois que celle-ci est vidée ; la deuxième capacité contient la vinasse légèrement sucrée que la pompe P soutire de chacun des cuviers macérateurs à tour de rôle, et qu'elle monte dans ledit compartiment faisant fonction de chaudière à réchauffer.

Deux robinets spéciaux fixés au bout de ce réservoir et correspondant l'un au premier compartiment, l'autre au deuxième, permettent de faire écouler à volonté, sur chacun des cuviers macérateurs, soit la vinasse épuisée de l'alambic, soit la vinasse un peu sucrée extraite d'un macérateur, et que l'on avait élevée, par la pompe, dans l'un des compartiments pour la réchauffer.

(1) Si donc on s'apercevait, par des signes faciles à constater (indiqués plus loin), que la vinasse contînt encore de l'alcool au moment où il faudrait la tirer, on ralentirait un peu l'écoulement en diminuant l'ouverture du robinet. On prolongerait ainsi le séjour dans l'appareil, et l'épuisement en serait d'autant plus facile. Le contraire arrivant, on devrait ouvrir davantage le robinet.

DÉTAILS DE L'APPAREIL DISTILLATOIRE.

La première chaudière à fond bombée est munie d'un trou d'homme, fermé par un obturateur que l'on ouvre pour les nettoyages. Une soupape de rentrée d'air est adaptée au centre de cet obturateur; un petit robinet a', fixé sur la chaudière, permet d'en faire sortir un peu de vapeur, lorsqu'on veut faire l'essai de l'épuisement de la vinasse indiqué plus loin. Un tuyau b', fixé près du fond et terminé par un robinet, permet de vider à volonté cette chaudière ; un tube vertical en verre b^2, implanté sur le tuyau fixé dans une monture en cuivre et communiquant avec la partie supérieure de la chaudière par un tube horizontal en cuivre, indique, à l'extérieur du fourneau, le niveau du liquide dans l'intérieur.

Cette chaudière communique avec la deuxième H', de même forme et de même dimension de la partie inférieure de celle-ci, avec la partie inférieure de la première, par un tuyau c' muni d'un robinet c^2, qui permet d'ouvrir ou de fermer, à volonté, la communication entre les parties inférieures des deux chaudières.

De la première chaudière, près de sa partie supérieure, part un tube contourné en cercle d', qui se termine près du fond de la deuxième chaudière par une pomme d'arrosoir d^2, destinée à distribuer en nombreuses bulles la vapeur de la chaudière H, qui doit traverser le liquide contenu dans la chaudière H'. Celle-ci est également munie d'un tube de niveau b^3.

La colonne creuse I qui surmonte cette seconde chaudière est en deux tronçons réunis par une bride.

Le premier tronçon contient 19 capsules e', enfilées sur trois tiges verticales et maintenues horizontalement, à des intervalles régulièrement espacés, par trois bouts de tubes formant une sorte de trépied, ainsi que le montre le détail amplifié fig. 5 ; alternativement une large capsule concave est surmontée d'une capsule convexe plus étroite.

Chacune des larges capsules touche à peu près, par ses bords, les parois intérieures de la colonne creuse ; ces capsules concaves sont percées, au centre, d'un trou par lequel le liquide arrivant du haut se verse sur une capsule convexe plus étroite : celle-ci est également garnie de fils en cuivre, soudés sur ce fond bombé, qui dépassent un peu les bords, afin de conduire le liquide, en le divisant en gouttelettes, sur la capsule large, immédiatement au-dessous.

On comprend qu'en même temps que le liquide tombe ainsi en cascade du centre d'une capsule creuse sur une capsule convexe, et de celle-ci, en divergeant, dans une autre capsule concave percée, la vapeur qui monte passe, pour la plus grande partie du moins, par le trou au centre de la première capsule concave large, s'épanouit autour de la capsule convexe étroite, pour se réunir de nouveau dans le trou au centre de la capsule convexe superposée; et ainsi de suite, d'une capsule à l'autre, jusque près

de la partie supérieure du premier tronçon ; dans cette partie de la colonne et au-dessus de la dernière capsule concave, est placé un petit réservoir cylindrique e^2, destiné à recevoir le vin et à le répartir, par déversement, sur la première large capsule, à l'aide de la bavette circulaire qui déborde sa base.

Le tube indicateur en verre F′ montre le niveau du liquide dans ce petit récipient, et indique, par conséquent, le moment où il s'emplit.

Le deuxième tronçon de la colonne, qui ne doit recevoir que la vapeur montante et les produits liquides descendants de sa condensation, contient six plateaux percés d'un large trou et munis chacun d'un ajutage f'. Les bords supérieurs de cet ajutage règlent le niveau du liquide compris entre lui et les parois de la colonne auxquelles chaque plateau est soudé.

Une capsule renversée, fixée, par une ou deux attaches, sur chacun des plateaux, recouvre l'ajutage et descend, par ses bords inférieurs, à 2 centimètres au-dessous du niveau des bords supérieurs de ce tube, en sorte que la vapeur ascendante, pour passer d'un plateau à l'autre et du dernier vers le haut de la colonne, est forcée de déplacer le liquide, en barbotant sous chaque capsule.

Ce barbotage est favorable à sa séparation entre l'eau et l'alcool ; il n'empêche pas le liquide condensé de descendre par chacun des ajutages et de tomber d'un plateau sur la capsule et le plateau immédiatement inférieur, d'arriver, par conséquent, ainsi en cascade, de plateau en plateau, dans la série des capsules du premier tronçon de la colonne I.

Cette colonne se trouve en communication au moyen du tube à bride E′ qui la surmonte, avec le serpentin horizontal I′. Chacun des tours de l'hélice de ce serpentin communique, par sa partie la plus déclive, au moyen d'un petit tube vertical, avec le tube presque horizontal g' ; c'est celui-ci qui reçoit tout le liquide de la vapeur, condensée dans le serpentin (sauf le premier et le dernier circuit). Le liquide condensé dans les quatre premiers tours de l'hélice est le plus aqueux ; il est dirigé vers le quatrième plateau de la colonne lorsque le robinet h' est ouvert. Le tube $h'p'$, formant siphon à sa partie inférieure, se relève pour aboutir dans le quatrième plateau. Un robinet p', fixé à la partie inférieure, permet d'extraire un peu de ce liquide pendant les opérations.

La vapeur, condensée dans les six tours suivants du serpentin, laisse écouler le liquide, graduellement plus alcoolique, qui en provient, dans le même tube couché, et suivant que l'on ferme ou que l'on ouvre les deux robinets h^2 et h^3, ou seulement le robinet h^2, tout ou partie du liquide de condensation s'écoule, par le tube h^2q', dans le troisième plateau de la colonne. Le robinet q' permet d'extraire le liquide contenu dans ce plateau et de vérifier son degré alcoolique.

Le dernier circuit du serpentin aboutit en y, au tube vertical qui conduit les vapeurs alcooliques non condensées dans le serpentin vertical S, où la condensation doit s'achever complétement.

Les produits ou liquides distillés s'écoulent par le tube x' percé d'un trou vers la partie supérieure pour dégager l'air ; ils arrivent au bas de l'éprouvette Q, qui les déverse, par un entonnoir à douille longue, dans le réservoir R en bois doublé de cuivre étamé, fermé par un couvercle avec lisière interposée et un cadenas; un évent y' permet la sortie et la rentrée de l'air, soit lorsque le liquide arrive, soit lorsqu'on le soutire dans un tonneau placé en dessus.

Un alcoomètre, tenu constamment plongé dans le liquide, indique à chaque instant le degré de l'alcool obtenu, degré que l'on règle à volonté, jusqu'à un certain point, en faisant rétrograder vers la colonne, au moyen des robinets h', h^2 et h^3, une quantité plus ou moins grande des produits condensés.

On voit, par ce que nous venons de dire, quelle est la direction de la vapeur et des produits de sa condensation ; nous allons maintenant compléter la description de l'appareil, en indiquant la direction en sens contraire du vin ou liquide qu'il s'agit de distiller.

Ce liquide vineux est amené, par le tuyau montant v de la pompe P' dans le réservoir J. Ce réservoir est muni d'un tube trop-plein v', qui conduit l'excédant vers le récipient inférieur, et avertit l'ouvrier chargé de remplir le réservoir.

Un robinet à flotteur L entretient le vin qui s'écoule, à un niveau constant, dans un petit réservoir L' qui, lui-même, alimente tout l'appareil par un robinet j', dont on règle l'ouverture de façon à ce que le volume convenable s'écoule en un temps donné, suffisant pour permettre l'écoulement de la vinasse.

Le vin reçu dans l'entonnoir M descend, par un tube vertical, jusqu'au bas du réfrigérant, dans lequel il entre en i', emplit ce réfrigérant, s'élève par le tube i^3 et remplit le réfrigérant couché I', appelé *chauffe-vin;* ce vase est muni de trois larges ouvertures, ordinairement closes par des tampons à poignées, mais qui servent pour les nettoyages.

Lorsque le chauffe-vin est rempli, tout le liquide excédant déborde par le tube trop-plein O', qui le conduit dans le petit récipient e^2, au haut du premier tronçon de la colonne. De ce récipient le vin déborde et tombe sur la série de capsules, et arrive dans la chaudière.

Un robinet l^2, adapté au bas du chauffe-vin, sert à faire écouler sur la colonne tout le vin dont ce vase est rempli lorsqu'on veut terminer les opérations de distillerie (dans ce cas on a dû vider le réfrigérant I', remplacer le vin par de l'eau et intercepter la communication avec le chauffe-vin).

MISE EN TRAIN ET CONDUITE DES OPÉRATIONS DE L'APPAREIL DEROSNE.

Le jus fermenté *ou vin de betteraves*, contenant de 3 à 5 p. 100 d'alcool pur, est d'abord versé dans la chaudière H en quantité suffisante pour l'emplir aux trois quarts, ce que l'on reconnaît aisément en voyant sur le tube indicateur b^2 le niveau du liquide s'élever à la hauteur convenable. On ferme alors la chaudière, et l'on ouvre le petit robinet à air ou vapeur a'; à l'aide d'une pompe on envoie du vin semblable dans le réservoir supérieur J. Le petit récipient L' s'emplit en même temps, et l'on ouvre le robinet j', afin de faire arriver le vin successivement dans le réfrigérant, qui s'emplit, puis dans le chauffe-vin I', dont le trop-plein se déverse par le tube O'; ce tube conduit dans le petit récipient e^2, qui déverse le liquide sur les capsules, puis dans la chaudière H'.

Dès que le vin couvre de quelques centimètres le fond de la chaudière, ce que l'on reconnaît au niveau de ce liquide dans le tube indicateur b^2, on ferme le robinet j' et le petit robinet à air a'; on allume le feu sous la chaudière H, et lorsque l'ébullition y est assez active pour que la vapeur passe, par le tube d', dans la chaudière H', où elle commence à élever le niveau du liquide en se condensant en partie, on règle l'écoulement du vin, modérément d'abord, par le robinet j'.

Dès lors la vapeur qui s'élève de la chaudière H' passe dans les différentes parties de l'appareil; rencontrant d'abord le vin qui tombe en pluie d'une capsule sur l'autre, elle s'enrichit de vapeurs alcooliques laissant condenser des vapeurs plus aqueuses moins volatiles (1), dont le produit liquide descend vers la chaudière H', laissant les vapeurs de plus en plus alcooliques s'élever, se condenser en partie dans les plateaux successifs f'.

Lorsque ces plateaux sont remplis, l'excès de liquide déborde, par chaque ajutage, au centre, et la vapeur retenue par la capsule superposée déplace le liquide, et ne peut passer d'un plateau à l'autre qu'en barbotant en bulles et opérant mieux encore que précédemment l'espèce d'analyse entre l'eau et l'alcool, ou entre la vapeur plus aqueuse qui se condense et la vapeur plus alcoolique qui reste gazéiforme.

La vapeur devenue plus alcoolique parvient au serpentin horizontal I'H, dont elle parcourt les circonvolutions, déposant, à chaque tour, une portion plus aqueuse, qui descend dans le tube couché g' et se rend, soit dans la colonne, soit dans le serpentin, en totalité ou en partie, suivant que l'on ouvre ou que l'on ferme les trois robinets h' h^2 h^3, soit seulement un ou deux.

(1) L'eau bout à 100° sous la pression ordinaire de 76° cent. de mercure, tandis que l'alcool pur entre en ébullition à + 78°,4 sous la même pression. Les mélanges d'eau et d'alcool ont des degrés d'ébullition intermédiaires, et d'autant plus élevés qu'ils contiennent de plus fortes proportions d'eau. Ainsi, par exemple, le vin contenant 5 centièmes d'alcool bout, sous la même pression, à 95°.

Dans les premiers moments d'une opération, pendant une demi-heure à trois quarts d'heure, on doit laisser les trois robinets ouverts, afin de faire rétrograder vers la colonne l'eau-de-vie ayant une saveur cuivreuse due à la petite quantité d'acide acétique formé, qui a dissous un peu de cuivre oxydé. Une fois l'opération en pleine activité, l'air étant presque totalement chassé, les mêmes inconvénients ne se produisent plus.

Dès lors on ferme le robinet h', de sorte que le produit de la condensation, dans les huit premiers tours du serpentin, retourne vers la colonne, tandis que le liquide des trois derniers tours se rend, avec la vapeur persistante, dans le serpentin du réfrigérant I', où la condensation s'achève. Si le degré du produit acoolique dans l'éprouvette était au-dessus de celui que l'on se proposait d'obtenir, on fermerait les robinets h^3 et h^2, et le liquide de la condensation, dans les six tours du serpentin, s'écoulant dans le réfrigérant, abaisserait le titre alcoolique du produit total passant dans l'éprouvette.

On voit que l'on peut régler ainsi le titre de l'alcool que l'on veut obtenir directement.

D'un autre côté, pour régler l'écoulement continu du vin par le robinet j' et son arrivée dans les différentes parties de l'appareil, il faut s'assurer que, pendant le temps que met ce liquide à parcourir le réfrigérant, le chauffe-vin, les deux serpentins, la colonne et la deuxième chaudière H', puis enfin à subir l'ébullition dans la première chaudière H durant trois quarts d'heure à une heure, l'épuisement a été complet, et qu'il ne reste plus d'alcool dans la vinasse ; à cet effet, on entr'ouvre le petit robinet a', qui laisse échapper un peu de vapeur que l'on essaie d'enflammer ; il est évident que, si l'inflammation avait lieu, il devrait rester une certaine dose d'alcool dans la vinasse.

Si l'essai laissait quelques doutes, on le rendrait plus concluant en dirigeant la vapeur, au sortir du petit robinet a', vers la partie inférieure d'un petit serpentin. Cette vapeur, en montant dans le tube contourné en hélice du serpentin, laisserait rétrograder les parties condensées dans la chaudière, et l'on pourrait essayer l'inflammation de la vapeur sortant au haut du petit serpentin.

Il faut, en définitive, que la chaudière H' étant remplie en une heure, la chaudière H ayant entretenu la vinasse en ébullition pendant un temps égal, on puisse vider cette dernière, puis la remplir aussitôt, en ouvrant le robinet c^2, qui vide la chaudière H' ; on tourne ce robinet, et de nouveau la deuxième vinasse bout pendant une heure dans la chaudière H, pendant que le vin et les liquides, rétrogradant, emplissent la chaudière.

On voit que la mise en train et la conduite de l'appareil Derosne n'offrent aucune difficulté (1), et que, une fois l'écoulement du vin réglé, on peut extraire l'alcool au degré voulu.

(1) L'appareil Derosne du petit modèle n° 3, construit par M. Cail, portant une colonne de

RÉSULTATS DE LA DISTILLATION DES BETTERAVES SELON LE PROCÉDÉ DE M. CHAMPONNOIS.

Voici comment M. Payen calcule les résultats de la distillation des betteraves en employant le procédé Champonnois sur une ferme de 80 hectares.

Les frais d'installation se composeraient, sauf le bâtiment, du prix d'un appareil à distillation continue traitant, par jour, le jus fermenté de 2,250 kilog. de betteraves épluchées, et produisant environ 1 hectolitre 80 litres d'alcool à 50°.

Appareil distillatoire (1).	2,500 fr.
Laveur et coupe-racines.	300
Cuviers pour la macération, en tôle, avec robinets et tuyaux.	1,000
Chaudière à réchauffer et réservoir à vinasse.	250
Quatre cuves à fermentation.	320
Pompe, tuyaux, robinets pour les cuves.	800
Total.	5,170 fr.

Cette fabrication journalière correspondrait à la culture de 11 à 12 hectares en betteraves sur une ferme de 80 hectares.

Elle fournirait par jour 2,000 kilog. de cossettes imprégnées de vinasse complétant, avec 3 volumes ou 250 kilog. de fourrages hachés, la nourriture de quatre-vingts têtes de gros bétail, ou l'équivalent si l'on en remplace une partie par des moutons, et si l'on compte cinq ou six de ceux-ci pour un bœuf ou une génisse. Cette alimentation pourrait être donnée pendant deux cents jours au moins; elle correspondrait à un produit de 360 hectolitres d'alcool à 50° valant aujourd'hui 21,600 francs. En supposant que, l'année prochaine, les cours pussent être abaissés de plus de moitié, cette quantité, à 25 francs l'hectolitre, représenterait encore 9,000 francs, qui constitueraient un bénéfice net de 6,000 francs, en attribuant à la cossette toute sa valeur dans l'application à la nourriture du bétail.

On peut encore établir le calcul comme il suit, pour une fabrication journalière opérant sur 2,000 kilog. de betteraves à sucre, contenant 10 pour 100 de sucre :

25 centimètres de diamètre, peut distiller 4,000 à 5,000 litres de vin en vingt-quatre heures; l'appareil du même système, n° 2, dont la colonne a 30 centimètres, distille de 6,000 à 8,000 litres dans le même temps; enfin l'appareil n° 1, portant une colonne de 35 centimètres, distille 12,000 litres de vin dans le même temps. On ne peut distiller que moitié de ces quantités lorsque les opérations ont lieu seulement de jour, ou douze heures sur vingt-quatre.

(1) Le coût de cet appareil, construit par MM. Cail et comp., ne serait que de 2,000 fr. dans les circonstances ordinaires ; le prix peut être porté à 2,500 en raison du cours élevé du cuivre.

DÉPENSES :	Betteraves, 2,000 kilog. à 16 fr. les 1,000 kil.....	32 fr.	»
	Main-d'œuvre, trois ouvriers à 2 fr. 50 c........	7	50
	Houille, 1 hect. et 1/2 à 2 fr..................	3	»
	Un cheval au manége.........................	2	50
	Intérêts de 5,000 fr. à 10 p. 100...............	2	35
	Et de 5,000 fr., local à 5 p. 100, réparations, etc..	1	90
	Total.........................	49 fr.	25
RECETTES :	200 litres d'alcool à 50 degrés à 60 fr. les 100 litres.	120	»
	Bénéfice net.....................	80 fr.	77

par jour, ou de 16,000 francs pour deux cents jours, outre la valeur des résidus.

Si l'on supposait le cours abaissé à 25 francs les 100 litres, la recette serait réduite à 50 francs les 200 litres, et le bénéfice, presque en entier, consisterait dans la valeur de la cossette, représentant 24 francs par jour ou environ 4,800 francs en une campagne de deux cents jours.

Sur une ferme de 150 hectares, en cultivant, chaque année, 26 à 30 hectares qui produiraient 800,000 kilogrammes de racines, on obtiendrait 800 hectolitres d'alcool à 50 degrés, qui, au bas prix de 25 francs, représenteraient une valeur de 20,000 francs et un bénéfice net de 4,800 francs environ; il en résulterait une quantité de 700,000 kilogrammes de cossettes suffisante pour compléter la nourriture de 150 têtes de gros bétail. La valeur de ce complément de nourriture triplerait le bénéfice.

Voici comment on pourrait, dans ce cas, établir approximativement le compte de revient de l'alcool qui se trouve réduit, parce que, dans cette fabrication, double de la précédente, les frais seraient loin d'être doublés. On comprend d'ailleurs que, suivant les circonstances locales, les éléments de ces comptes de revient pourront varier.

COMPTE DE FABRICATION DE L'ALCOOL ET DE PRODUCTION JOURNALIÈRE DES RÉSIDUS DANS UNE FERME.

DÉPENSES :	Betteraves, 4,000 kil. à 16 fr. les 1,000 kil.......	64 fr.	»
	Ouvriers, quatre à 2 fr. 50 c..................	10	»
	Houille, 2 hectolitres à 2 fr....................	4	»
	Cheval au manége...........................	2	50
INTÉRÊTS :	Capital mobilier, 10 p. 100..................	4	»
	Bâtiment, 5 p. 100..........................	2	»
	PRODUIT, 4 hectolitres à 50 degrés......	86 fr.	50

1 hect. à 50° coûterait donc. . . . . 21 fr. 375

En supposant le cours de l'alcool à 50° abaissé jusqu'à 25 fr. l'hecto-

litre, pris sur place, le bénéfice par hectolitre serait de. . .	4 fr.	63
ou 3,704 fr. pour les 800 hect. en 200 jours, mais en y ajoutant la valeur du résidu, ou 3,560 kil. de cossettes, chargées de vinasse, à 10 fr. les 100 kil.	35	60
Le bénéfice total s'élèverait à.	40	23

ou pour une campagne de 200 jours à 8,046 francs. On voit donc que, dans ce cas, la production de l'alcool serait accessoire, et le bénéfice sur ce produit tout à fait négligeable.

On se rend aisément compte de ces avantages, qui semblent exagérés au premier abord, en considérant qu'aujourd'hui, dans un grand nombre de fermes, notamment aux environs de Paris, on trouve avantageux de préparer la nourriture des animaux avec de la betterave réduite en pulpe et mélangée, sans en séparer le jus, avec trois fois son volume de fourrage haché. On laisse la fermentation s'établir et continuer dans des fosses pendant quatre ou cinq jours.

MÉTIER A TISSER MÉCANIQUE A PLUSIEURS NAVETTES,

Par **M. BORNÈQUE**, manufacturier à Bavilliers près Belfort.

M. Bornèque, manufacturier bien connu en Alsace pour ses produits de filature et de tissage, vient d'exposer deux métiers mécaniques à tisser, l'un à deux et l'autre à quatre navettes.

Ce système, imaginé par son jeune fils, et breveté en France comme à l'étranger, se distingue par la simplicité de son mécanisme et par la facilité d'application aux métiers existants.

Adopté déjà dans plusieurs fabriques, il a été reconnu par les divers manufacturiers qui l'ont vu fonctionner comme étant d'un emploi extrêmement avantageux. Il est en effet d'autant plus remarquable qu'il n'exige pas d'entretien ni par suite de frais de réparation ; et il est tellement facile à conduire qu'un seul ouvrier peut sans peine faire marcher deux métiers semblables, soit pour fabriquer des étoffes à jupons, soit pour tisser des étoffes à rideaux.

Il a aussi le mérite de permettre de produire des étoffes à carreaux d'une longueur indéfinie. Et malgré toutes ces conditions son prix est encore notablement inférieur à celui des métiers connus.

Ainsi un métier complet à deux navettes établi sur ce système ne revient qu'à 650 francs, pris chez le constructeur.

Et un métier semblable à quatre navettes ne coûte que 700 francs.

Le mécanisme s'applique très-avantageusement et sans la moindre difficulté aux métiers anglais en usage à Roubaix et ailleurs.

MACHINES A VAPEUR.

BALANCE DE SURETÉ

ÉCHAPPEMENT INSTANTANÉ,

Par MM. LEMONNIER et VALLÉE
INGÉNIEURS-MÉCANICIENS.

(PLANCHE 35, FIG. 1 A 7.)

Il n'existe pas, dans les machines à vapeur, d'organes qui aient été plus étudiés que les appareils destinés à mesurer la pression de la vapeur, ou à en prévenir les effets brusques, capables de causer des accidents, soit extérieurement, soit dans l'économie des machines elles-mêmes.

Parmi les divers systèmes d'appareils dits de sûreté qui ont été appliqués aux chaudières à vapeur pour faire connaître à chaque instant l'état de la pression intérieure, on peut citer particulièrement les soupapes, dont la disposition permet, non-seulement de se mettre en rapport permanent avec l'intérieur d'un générateur, mais encore de donner issue à la vapeur lorsqu'elle atteint une pression supérieure à celle pour laquelle la chaudière a été établie.

On sait que ces appareils, connus sous le nom de soupapes de sûreté, se composent généralement de la soupape proprement dite, maintenue sur son siége par un bras de levier, à l'extrémité duquel on suspend un poids qui, par lui-même et les combinaisons des points d'appui, exerce en dessus une pression égale à celle que la vapeur ne doit pas dépasser au-dessous, en agissant sur toute la section. Arrivée à cette limite, la vapeur soulève la soupape en surmontant l'effort du poids, et s'échappe dans l'air.

MM. Lemonnier et Vallée, ingénieurs attachés aux ateliers de chemins de fer, ont fait cette remarque très-judicieuse, que la quantité dont la soupape s'ouvre, par l'effet de l'excès de pression, n'est jamais suffisante pour donner accès, assez promptement, au volume de vapeur qui doit être

dépensé pour rétablir l'équilibre ou la pression normale dans la chaudière.

Il est, en effet, de la plus grande importance, pour éviter les accidents par suite des excès de pression, que l'ouverture de la soupape soit immédiatement ouverte à un degré suffisant, afin que la vapeur ne soit point étranglée et qu'elle puisse sortir abondamment et sans obstacle.

La disposition nouvelle que ces ingénieurs ont imaginée pour atteindre ce but a été appliquée par eux dans diverses circonstances, et particulièrement aux soupapes de sûreté dites balances employées dans les machines locomotives.

Nous donnons sur les fig. 1 et 2, pl. 35, un tracé de l'ensemble d'un double système de soupapes de sûreté, qui sont telles, en principe, que celles en usage habituellement sur les chaudières à vapeur, mais modifiées cependant, selon ce que nous venons de dire, dans l'application des ressorts qui déterminent la charge; les fig. 3 à 6 en sont des parties détaillées à une échelle double.

La fig. 1 représente en section verticale l'une des deux soupapes proprement dites A, montées sur une boîte en fonte B qui est fixée sur le dessus de la chaudière C. Ces deux soupapes sont disposées parallèlement, et leurs leviers en fer D viennent se relier par l'extrémité de leur grand bras aux boîtes en cuivre E, lesquelles renferment les ressorts à boudin qui, dans les machines locomotives, remplacent avec avantage le contre-poids appliqué ordinairement aux générateurs fixes, à cause du mouvement continuel que ces machines ont à subir. Chaque levier prend son point d'appui sur une chape en fer *a*, boulonnée sur la boîte; la pression s'exerce sur la soupape au moyen de la tige *b*, dont la partie inférieure se termine par une pointe engagée dans une fraisure conique pratiquée sur la tête de la soupape, afin d'agir constamment sur le centre.

La fig. 2 est une vue extérieure et de face de l'ensemble de ce mécanisme. Elle indique comment les boîtes à ressorts ont leurs points d'attache commun sur un plateau de fonte *c*, boulonné contre la paroi de devant de la chaudière.

On peut mieux voir par les détails (fig. 3 et 4) en quoi consiste le perfectionnement introduit dans le moyen de relier le levier D avec les deux ressorts à boudin F et *f*, qui sont logés l'un dans l'autre.

La fig. 3 est une vue extérieure des pièces qui assemblent l'extrémité du levier D aux ressorts à boudin.

La fig. 4 est une section verticale du même détail, laissant voir les assemblages et les ressorts dans leur étui E.

On sait que ces ressorts sont ordinairement fixés par leur partie inférieure à une boîte en métal E, qui a simplement pour objet de les dissimuler, tout en les préservant des accidents ou de l'oxydation. Chaque boîte ou étui E renferme les deux ressorts F et *f*, disposés, comme nous venons de le dire, l'un dans l'autre; le plus petit, en diamètre, sert à compléter le plus grand, dont la résistance à la flexion ne peut pas être mesurée exactement *a priori*.

Dans les dispositions en usage, les deux ressorts F et *f* sont reliés à une seule et même tige verticale G, terminée en forme de T à la partie inférieure, et filetée à l'autre extrémité G′ pour traverser l'écrou en cuivre *d* qui appuie sur l'extrémité du levier D et sert à régler les mouvements des ressorts.

Dans la nouvelle disposition, au contraire, la tige est composée de deux parties distinctes G ét G′, reliées chacune par une double bride ou deux chapes cintrées H et H′, aux extrémités desquelles elles sont rattachées par articulation à l'aide des boulons ou tourillons *e*, *e′*.

Ces brides H et H′ sont elles-mêmes assemblées d'une manière semblable par les tourillons *g*, *g′* à une sorte de règle en fer I dont l'extrémité inférieure forme un talon incliné *h*, et s'engage dans une partie évidée *i* fermée par la plaque latérale *i′* que l'on voit rapportée vers le sommet de l'étui E, et simplement fixée par deux vis à tête fraisée.

La fig. 5, qui est une coupe verticale suivant la ligne 1-2 de cet évidement, fait voir qu'on a ménagé à son intérieur deux épaulements *j* et *j′* entre lesquels l'extrémité *h* de la règle I peut se mouvoir verticalement d'une certaine quantité.

La fig. 6 est une section horizontale à la hauteur de la ligne 3-4 de cette même partie et de la boîte E.

Si nous supposons maintenant les choses dans leur état normal, c'est-à-dire la vapeur à une pression inférieure à celle qui doit faire céder la soupape, les ressorts sont simplement tendus, et tout le mécanisme reste dans la situation indiquée par les fig. 3, 4 et 5; les tiges G et G′ avec leurs brides H et H′ fonctionnent comme si elles ne formaient qu'une seule et même pièce, la règle I étant maintenue latéralement par les épaulements *j* et *j′*.

Si la pression vient à s'élever faiblement, la soupape se lève un peu et fait allonger les ressorts; la règle I glisse alors, en s'élevant, de la même quantité entre les épaulements *j* et *j′*, et rien de particulier ne se produit.

Mais lorsque l'excès de pression devient considérable, l'allongement des ressorts est suffisant pour que l'extrémité de la règle I échappe de l'épaulement *j*; le plan incliné *h* se trouvant en contact avec celui *j′* et sollicité par la traction des tiges, facilite l'échappement de la règle I, qui vient prendre la position indiquée sur la fig. 7, en tournant naturellement autour du point *g′*, comme centre.

Ce mouvement, qui s'effectue aisément, en raison des assemblages à tourillons, a pour résultat d'augmenter la distance rigide du levier D aux ressorts, de deux fois l'écartement des tourillons *g* et *g′*, ce qui donne ici 44 millimètres.

Il en résulte, par conséquent, que sans augmenter l'allongement des ressorts, le levier D se lève subitement, et la soupape peut s'ouvrir d'une quantité qui n'aurait pu être obtenue qu'avec une pression bien supérieure, et même qu'on n'atteindrait dans aucun cas.

Il est évident qu'il suffit, pour remettre l'appareil en fonction, de prendre la règle I à la main et de la replacer dans la mortaise aussitôt que la pression a repris son état normal.

On voit, par les fig. 3 et 5, que l'extrémité inférieure de la règle I est graduée pour faire connaître, par son déplacement, le chiffre de la pression qui provoque l'allongement des ressorts avant que cette règle ne sorte de sa place.

L'ensemble de l'appareil qui nous a servi d'exemple a été monté sur une machine du chemin de fer d'Orléans, où la valve de mise en train était placée au-dessus de la chaudière et se manœuvrait horizontalement. La boîte B est, en raison de ce cas particulier, traversée par la tringle de commande J, et porte à cet effet un tube intérieur K, fondu de la même pièce qu'elle. La poignée L et le cadran indicateur M sont fixés à un support en fonte N rivé sur la chaudière.

SYSTÈME

DE DÉTENTE PAR RECOUVREMENT,

Par **M. J. HANREZ**, ingénieur-mécanicien.

(PLANCHE 35, FIG. 8 A 10.)

M. Hanrez, chef des ateliers du chemin de fer belge à Braine-le-Comte (Hainaut), a imaginé une disposition particulière de tiroir appliqué à la distribution de la vapeur dans les machines locomotives ; comme ce système nous a paru présenter des avantages dans la pratique, nous avons cru devoir en donner la description et le dessin.

La forme de ce tiroir permet d'opérer la détente par recouvrement, tout en évitant les grandes dimensions qu'il est ordinairement nécessaire de donner aux autres tiroirs, et par conséquent aux boîtes de distribution.

La fig. 8, pl. 35, représente en coupe verticale un cylindre à vapeur de locomotive avec l'application de ce mode de tiroir.

La fig. 9 est une coupe horizontale, suivant la ligne 1-2, de la boîte à vapeur, laissant voir le tiroir extérieurement en dessus.

On voit que celui-ci se compose d'une seule pièce en fonte A évidée en dessous et en outre suivant un canal intérieur *a*, dont les extrémités ouvertes correspondent à la table du cylindre B; l'évidement inférieur et central *b* est disposé, comme à l'ordinaire, pour opérer la sortie de la vapeur après qu'elle a effectué son travail dans le cylindre, et pendant chaque retour du piston C.

La face supérieure du tiroir est percée de deux orifices *c* et *c'* débouchant à l'intérieur dans le canal *a*. La même face frotte exactement sous une barrette fixe D dans laquelle l'auteur a ménagé une autre ouverture ou lumière *d*. Cette barrette D est solidaire avec la boîte à vapeur F ; elle est placée de telle façon que son centre coïncide parfaitement avec celui de l'orifice de sortie *f*, qui est également le milieu de la course du tiroir. (Nous ne tenons pas compte ici du mouvement de la bielle, afin de simplifier la démonstration.)

Les autres parties du mécanisme ne présentent rien de particulier : ainsi le cylindre B est muni de ses lumières d'introduction *e* et *e'*, et de l'ouverture d'échappement *f*; le tiroir glisse sur la table dressée, étant entraîné dans sa marche rectiligne par la tige horizontale E, laquelle se termine par un cadre en fer qui l'entoure exactement.

Si nous voulons examiner maintenant comment s'opère la distribution, abstraction faite momentanément de l'effet de la détente, admettons que le piston C soit au commencement de sa course, ainsi que l'indique la fig. 8 : le tiroir A est au milieu de la sienne, plus l'avance nécessaire d'un millimètre environ, et plus la moitié de l'excédant de sa longueur totale sur celle de la distance extérieure des orifices *e* et *e'* du cylindre.

Cette position ainsi déterminée, l'orifice *e* est découvert d'un peu plus d'un millimètre par le bord extérieur du tiroir et la vapeur commence à s'introduire dans le cylindre. Le tiroir continuant de s'avancer dans le même sens que le piston, l'orifice supérieur *c* vient se présenter vis-à-vis de celui *d* de la barrette, tandis que le deuxième *c'* dépasse la même pièce. Comme ces deux lumières *c* et *c'* correspondent au canal intérieur *a*, et que l'ouverture de droite de ce dernier n'a pas cessé d'être en communication avec le canal *e*, la vapeur afflue alors par trois orifices à la fois dans le canal qui conduit au cylindre, à droite du piston C; la largeur effective de l'orifice d'introduction se trouve être égale au double de celle de la lumière *c*, pour un parcours du tiroir égal seulement à cette dimension.

Le tiroir arrivé en ce point est à l'extrémité de sa course ; le piston C est à la moitié de la sienne et continue sa marche en avant. Le tiroir doit donc rétrograder, et après avoir marché d'une quantité égale à la largeur des orifices *cc'*, il se retrouve dans la position d'où nous l'avions supposé partir, c'est-à-dire que tous les orifices sont interceptés : par conséquent la détente commence dans le cylindre. Le piston C, par les dimensions relatives des orifices et de la course du tiroir, est arrivé aux 3/4 de sa course ; et l'augmentation de volume de la vapeur, par son expansion, devient alors égale aux 4/3 du volume admis à pleine pression, et par suite sa pression est réduite de 1/4.

A partir de cette dernière phase de la marche du tiroir, le mouvement rétrograde continue, et il se trouve finalement dans la position convenable pour opérer de la même façon au retour du piston dans le sens opposé.

Quant à la sortie de la vapeur, il suffit de voir la figure pour se convaincre qu'elle a lieu absolument de la même manière qu'avec les tiroirs généralement en usage.

Le petit cercle placé sur l'orifice central *f*, et reproduit à une plus grande échelle sur la fig. 10, est un tracé géométrique qui sert à mesurer la course du tiroir, et indique, au moyen des lignes *o m*, *o h* et *o h'*, les positions relatives de l'excentrique circulaire qui commande le tiroir A et de la manivelle motrice.

Lorsque cette manivelle est en *o m*, ce qui correspond à la position extrême du piston représentée fig. 8, le centre de l'excentrique est en *h*, commencement de l'introduction de la vapeur.

L'angle d'avance est exprimé par l'arc *i h*.

La manivelle parvenue en *h*, le centre de l'excentrique se trouve en *h'* : c'est le moment où la détente commence. La vapeur a été admise pendant le temps de la course représenté par l'arc *h h'*.

Si nous comparons maintenant les dimensions du tiroir à celle qu'il devrait avoir avec la disposition ordinaire, pour les mêmes orifices et le même degré de détente, nous trouvons qu'il est excessivement réduit, et que, par conséquent, la résistance qu'il oppose au mouvement par la pression de la vapeur, est considérablement moindre que dans les circonstances ordinaires. La boîte à vapeur F subit également une réduction proportionnelle.

L'avantage réside surtout dans la diminution de la course, qui réduit encore le travail absorbé par le mouvement du tiroir, et diminue également la dimension de l'excentrique.

On trouve en effet, pour la largeur des lumières, égale ici au double de celles *c* et *c'* (ou 20 millim.), que la longueur totale du tiroir recevant la pression de la vapeur peut se réduire à 160 millim. au lieu de 200 que comporterait un tiroir simple dans les mêmes conditions, soit un cinquième en moins. Et la course est de 50 millim. au lieu de 80 pour le tiroir simple, soit les 5/8.

On peut donc en conclure que le travail absorbé est égal environ à

$$\frac{4}{5} \times \frac{5}{8} = \frac{1}{2}$$

ou la moitié de celui consommé par un tiroir ordinaire.

Une telle réduction est évidemment considérable et doit être appréciée, surtout dans les locomotives, ainsi que dans les machines à grande vitesse et de grande puissance.

MÉTHODE GRAPHIQUE

POUR LA DÉTERMINATION DIRECTE DES DIMENSIONS D'UN TIROIR

OPÉRANT UNE DÉTENTE PAR RECOUVREMENT,

Par **M. VALET**, ingénieur-dessinateur.

(PLANCHE 35, FIG. 11 A 16.)

Nous devons à l'un de nos bons dessinateurs, M. Valet, qui s'occupe particulièrement, dans nos bureaux, de la direction des dessins de construction, la méthode graphique suivante, au sujet de la détermination directe des tiroirs de distribution dans les machines à vapeur.

Des savants, des ingénieurs distingués ont indiqué par le calcul des moyens d'atteindre le but, mais ces procédés ne sont pas toujours à la portée de tous ceux qui s'occupent de construction, et d'ailleurs ils sont loin de présenter la simplicité d'un tracé géométrique qui a le mérite de faire voir les dimensions comme si on les touchait du doigt. Nous nous faisons donc un plaisir de montrer à nos lecteurs le procédé très-simple et facilement applicable de M. Valet.

Établir une détente par recouvrement, c'est combiner les dimensions du tiroir de distribution par rapport à la largeur des bandes, à la course, et à la largeur des orifices de distribution, d'une telle façon que ces orifices se trouvent fermés naturellement avant que le piston n'ait terminé sa course, et par conséquent introduire dans le cylindre un volume de vapeur inférieur à celui qui est engendré par le piston, et cela au moyen d'un simple excentrique circulaire.

Sans méthode raisonnée il est bien difficile de fixer, de *prime abord*, les dimensions du tiroir relativement aux orifices; il arrive en effet que la quantité de largeur, dont les bandes doivent être augmentées pour fermer les lumières au moment donné, doit être comptée comme avance en plus, afin qu'il n'existe pas de retard à l'introduction au commencement de la course du piston. On se trouve donc dans la situation de résoudre une équation à plusieurs inconnues, opération complétement fastidieuse et difficile, et dont on doit pouvoir se passer dans la pratique.

La méthode proposée a précisément pour objet de résoudre ce problème graphiquement, sans tâtonnement, et avec l'exactitude la plus rigoureuse. On verra qu'on en pourrait même déduire des règles numériques extrêmement simples.

On sait que le système de détente par recouvrement, en marchant avec un excentrique circulaire, ne permet d'intercepter l'admission de la va-

peur dans le cylindre qu'après la première moitié de la course du piston : car le tiroir devant fermer l'orifice qu'il a découvert pour l'introduction, ce fait ne peut avoir lieu qu'à son retour, qui s'effectue pendant que le piston opère sa deuxième moitié.

A vrai dire, on pourrait à la rigueur intercepter la vapeur près du milieu de la course, mais, pour obtenir ce résultat, les dimensions du tiroir sont tellement exagérées qu'elles ne peuvent être usitées; nous nous bornons donc pour l'instant à considérer l'admission interrompue des 2/3 aux 4/5 de la course entière du piston.

Voici en quoi consiste la nouvelle méthode. On trace (fig. 11), un cercle A B C D, d'un diamètre quelconque représentant à la fois celui décrit par la manivelle et celui de la course de l'excentrique; puis on porte sur OC, considéré comme deuxième moitié de la course du piston, les points où la vapeur doit cesser d'être introduite ; soit 2/3, 3/4, 4/5, etc. On projette ces points sur la circonférence en E, E′, E^2; en joignant ces points avec le centre O, les rayons OE, OE′, OE^2 représentent les positions que la manivelle occupe lorsque le piston est arrivé aux points de sa course où la vapeur doit cesser d'être admise, et correspondant aux points indiqués en E, E′, E^2, la manivelle partie du point mort, dont AO représente la position.

Nous supposons toujours ici que l'on n'ait pas tenu compte de l'effet de la bielle, dont on devra néanmoins se préoccuper dans une exécution rigoureuse. Nous verrons du reste plus bas quelle doit être la mesure de cette influence.

On joint ensuite les points E, E′, E^2 avec celui A par des cordes sur lesquelles on abaisse les diamètres perpendiculaires Ff, $F'f'$, F^2f^2; on trouve alors que, pour les degrés de détente donnés, les flèches, ou parties de ces diamètres, fi, $f'i'$, f^2i^2, sont égales à la largeur des orifices d'introduction, les parties restantes des mêmes diamètres iF, $i'F'$, i^2F^2, la largeur des bandes du tiroir, et le diamètre complet du cercle ABCD, la course de l'excentrique.

Ce tracé établit donc les relations fixes existant pour chaque degré de détente, entre la largeur de l'orifice d'introduction, celle de la bande du tiroir et la course de l'excentrique. Il donne également l'angle de calage correspondant, c'est-à-dire suivant lequel la manivelle doit être fixée sur l'arbre par rapport à l'excentrique. Ces angles sont en effet mesurés par les arcs ADF, ADF′ et ADF^2 pour les détentes aux 2/3, 3/4 et 4/5, c'est-à-dire d'autant plus grands que la vapeur doit être interceptée plus près du milieu de la course du piston.

Ce tracé est basé sur les remarques suivantes :

1° La flèche de l'arc de cercle engendré par le centre de l'excentrique pour ouvrir et fermer totalement l'orifice d'introduction est égale à la largeur de cet orifice ;

2° Cet arc est égal à celui décrit par la manivelle depuis le point mort

jusqu'au moment où le piston est arrivé à l'endroit où commence la détente de la vapeur dans le cylindre ;

3° L'angle de calage est égal à la moitié de la différence entre la circonférence et le même arc de cercle ;

4° La course d'un tiroir est égale à la largeur de l'orifice, plus la largeur de la bande, plus l'avance à la sortie, moins l'avance à l'introduction.

A l'égard de cette dernière remarque nous ferons observer qu'en diminuant la largeur trouvée pour la bande de la quantité dont l'orifice doit être découvert au commencement de la course du piston, et en donnant le double pour l'avance à la sortie, la course et l'angle de calage restent les mêmes.

Ces relations une fois établies, s'il s'agit d'en faire l'application, comme la largeur des lumières d'introduction est toujours déterminée d'avance d'après les dimensions du cylindre à vapeur, il suffit évidemment d'établir une proportion entre la largeur donnée et celle trouvée par le tracé proportionnellement au diamètre du cercle A B C D qui a été pris arbitrairement. On peut donc résoudre le problème numériquement ou par un tracé très-simple que nous allons essayer de démontrer.

Supposons qu'il s'agisse de déterminer les dimensions d'un tiroir et sa course pour opérer une détente pendant le quatrième quart de la course du piston, l'orifice calculé ayant 25 millim. de largeur.

Sur le diamètre Of', correspondant à ce degré de détente, on porte de i' en a la largeur donnée 25 millim. ; du point a on mène une parallèle à f' A, et du point d'intersection b avec A E′ une parallèle bo à A O. Le diamètre du cercle décrit du point o, comme centre, et avec oa pour rayon, est la course cherchée du tiroir ; et la partie ci' du diamètre ac est égale à la largeur de la bande du tiroir. L'angle de calage est égal à celui boc.

En relevant ces dimensions avec un mètre on trouve, en définitive, que pour la détente pendant 1/4 de la course et des lumières de 25 millim., la bande du tiroir a 75 millim. de large, et sa course égale 100 millim.

D'après ce qui a été dit pour l'avance à l'introduction et à l'échappement de la vapeur, si l'avance à l'entrée doit être de 1 millim., celle à la sortie devient égale à 2, et la largeur de la bande est réduite à 74 millim., la course reste égale à 100.

Les fig. 12 à 15 représentent un tiroir T construit dans les conditions ci-dessus et dans diverses positions.

Les fig. 12 et 13 montrent le tiroir au moment de l'introduction pour les courses extrêmes descendantes et ascendantes du piston, positions identiques à celles qu'il occupe au moment de la détente. La position indiquée en ponctué fig. 12 correspond au milieu de la course.

Dans les fig. 14 et 15 le tiroir est aux deux extrémités de sa course.

Il est bon de remarquer qu'avec un tiroir à larges bandes les intervalles qui séparent les lumières doivent être calculés de façon que l'orifice de

sortie conserve une largeur suffisante, même lorsque le tiroir est aux extrémités de sa course. Les fig. 14 et 15 font voir que dans ces positions l'orifice central, quoique en partie obstrué, est encore plus large que les deux autres, ainsi que cela doit avoir lieu.

La fig. 16 est le tracé géométrique dont nous avons eu déjà l'occasion de parler (1), et qui est toujours indispensable pour vérifier la marche d'un tiroir à chaque moment de sa course.

Nous rappellerons en peu de mots en quoi consiste ce tracé.

On commence par décrire un demi-cercle M *m* M², d'un diamètre arbitraire, représentant celui qui est décrit par la manivelle, puis du même centre G, on décrit un autre cercle *e h h' g* H égal en diamètre à la course du tiroir. On mène ensuite le diamètre *h'* H formant avec G *m* l'angle de calage *g* G H.

On divise ces deux cercles en un même nombre pair de parties égales, prenant comme point de départ, pour le grand cercle, le diamètre M M², et pour le petit, le diamètre H *h'*.

Ainsi le demi-cercle M *m* M² est ici divisé en 24 parties, et le cercle entier *e h h' g* H en 48 parties.

Il est très-important de remarquer que dans tout le reste des opérations le point de départ de la manivelle, ou point mort, est ramené en M G, tout en conservant G H pour la position correspondante du rayon de l'excentrique ; cette supposition a pour résultat de faire marcher le piston et le tiroir perpendiculairement l'un à l'autre au lieu qu'il marche presque toujours parallèlement : mais le but proposé n'en est pas altéré.

Les divisions ayant été numérotées sur chaque cercle à partir de leurs points de départ respectifs M et H, on trace par les divisions du grand cercle des perpendiculaires à M M², et par celles du petit des parallèles à la même droite ; les points de rencontre réciproques de ces lignes passant par les points du même numéro, déterminent une série d'autres points par lesquels on fait passer une courbe I J K L, qui est un lieu géométrique indiquant les positions successives du tiroir.

Supposons maintenant que les fig. 12 à 15 soient disposées de façon que le bord supérieur du tiroir T corresponde au diamètre M M², quand il est précisément au milieu de sa course, comme il est indiqué en ponctué sur la fig. 12. Voulant trouver sa position au moment de la détente, qui doit avoir lieu lorsque la manivelle est arrivée au point 16 ou M', on abaisse de ce point une perpendiculaire qui rencontre la courbe en un point N par lequel on mène une parallèle NH' indiquant en résumé (fig. 12) la position cherchée.

En appliquant ce tracé, il est essentiel de faire attention aux flèches qui indiquent le mouvement afin d'éviter les erreurs. Dans la fig. 16, et d'après le sens des flèches, c'est la partie inférieure de la courbe I J K L qui cor-

(1) Voir les vol. III, V et VI de ce Recueil.

respond au demi-cercle M m M² et à la partie numérotée du cercle de l'excentrique.

Quant à l'application de la méthode ci-dessus décrite à un tracé où il est nécessaire d'avoir égard à l'influence de la bielle, il est évident qu'elle convient parfaitement, sans autre modification que de rectifier sur la circonférence A B C D la position du point E suivant une moyenne entre les deux moitiés inégales du cercle engendré par le bouton de la manivelle, après quoi on opère ainsi qu'il a été dit.

Les différences qui en résultent sont sans grande influence sur l'effet produit, car il est évident que, de toute façon, la vapeur ne pouvant pas être interceptée spontanément, le tiroir peut encore découvrir l'orifice d'une petite quantité après le moment donné, comme il peut également fermer un peu auparavant. Ces deux conditions ne peuvent faire varier l'effet de la détente que d'une quantité tout à fait négligeable en pratique.

NOTICE INDUSTRIELLE.

Parmi les machines dignes de remarque que l'Exposition universelle offre à profusion, nous avons distingué un système de turbines hydraulique dû à M. Étienne de Canson, manufacturier, déjà bien connu dans l'industrie pour ses importantes fabriques de papier à Vidalon-les-Annonay.

L'une des deux turbines qu'il a exposées a son axe vertical et tourne horizontalement; la deuxième, au contraire, a son limbe vertical et son axe horizontal, condition tout à fait nouvelle.

Toutes deux sont construites en tôle de fer et sont munies d'un récepteur du même métal, qui forme cuve et leur sert en même temps de distributeur. L'eau amenée dans le récepteur est distribuée aux aubes de la turbine, seulement par quatre ouvertures dont il est muni à la partie inférieure.

Ce qui distingue surtout ces turbines, c'est que leur établissement n'exige pour ainsi dire pas de travaux hydrauliques. Celle dont l'axe est vertical n'a point de pivot inférieur; son axe est prolongé au-dessus du récepteur et se trouve maintenu par deux simples paliers entre lesquels il porte une embase reposant sur deux galets.

Nous avons l'intention de donner une description complète de ces appareils; mais nous devons dire avant tout, que malgré leur disposition opposée sous bien des rapports aux systèmes en usage, des expériences ont permis de constater qu'elles rendent un effet utile au moins égal et pour un faible prix de revient.

Nous nous proposons encore de décrire prochainement un nouveau système d'obturateurs appliqué par M. Fontaine à sa turbine et dont il a exposé un modèle en grand.

INDICATEUR MAGNÉTIQUE

DU NIVEAU DE L'EAU DANS LES GÉNÉRATEURS A VAPEUR,

Par M. LETHUILLIER-PINEL,

MÉCANICIEN A ROUEN.

(PLANCHE 36, FIG. 1 A 5.)

Nous avons eu souvent l'occasion de mettre sous les yeux de nos lecteurs les divers systèmes qui ont paru, comme mécanismes de sûreté, manomètres et indicateurs du niveau de l'eau dans les générateurs à vapeur.

Les accidents auxquels ces puissants appareils peuvent donner lieu proviennent, non-seulement d'une élévation subite de la pression, occasionnée par une plus grande action du foyer ou par toute autre cause, mais encore et surtout du défaut d'alimentation, qui, dans un moment donné, laisse à découvert une certaine étendue des parois en contact avec la flamm. ou l'air chaud; il en résulte que le métal peut s'échauffer jusqu'au point de s'oxyder et de perdre une partie de sa ténacité.

Il est également nuisible à la bonne marche d'un générateur que le niveau de l'eau s'élève au-dessus de sa hauteur normale, car c'est une indication suffisante que la quantité d'eau fournie par la pompe n'est pas proportionnée à la dépense. Il est donc du plus grand intérêt de connaître à chaque instant ce qui se passe à cet égard à l'intérieur d'une chaudière à vapeur.

Parmi les systèmes d'indicateurs de niveau, nous citerons particulièrement, comme étant généralement en usage, ceux à tube de verre et ceux à flotteurs.

Les premiers se composent, ainsi qu'on le sait, d'un tube en cristal épais, placé verticalement, qui communique, par les deux extrémités, avec l'intérieur de la chaudière. La partie supérieure est ajustée à une tubulure munie d'un robinet, qui débouche dans la chambre à vapeur; la partie inférieure, par une disposition semblable, communique avec l'eau, de façon que le tube est rempli de deux volumes égaux de vapeur et d'eau, dont le niveau est le même que celui qui existe à l'intérieur du générateur.

Cette disposition, quoique avantageuse en principe, puisqu'elle rend

visibles les mouvements du liquide par lui-même, a beaucoup d'inconvénients, dont le moindre est de rendre le verre trouble au bout d'un certain temps, par suite des corps en dissolution dans l'eau et mis en liberté par l'évaporation. Mais ce qui est beaucoup plus grave, c'est que la chaleur fait quelquefois briser le tube, et l'eau et la vapeur s'en échappent violemment, avant même que l'on puisse fermer les robinets. Ces causes permanentes de danger ont fait et feront renoncer complétement à l'emploi de ces organes.

Ils sont remplacés souvent par les indicateurs à flotteur, qui se composent d'un corps creux ou autrement, qui est suspendu par une tringle et maintenu à la surface libre du liquide en ébullition à l'aide d'un contrepoids placé au-dessus de la chaudière; un mécanisme plus ou moins ingénieux accuse les oscillations du flotteur et sert à noter les diverses fluctuations du niveau.

Si ce genre d'appareil a l'avantage sur les indicateurs à tube de ne pas être susceptible de rupture, il a l'inconvénient d'exiger une garniture pour le passage de la tige du flotteur, garniture qui ne doit pas être trop serrée pour laisser à la tige toute sa mobilité, et alors la vapeur s'en échappe presque continuellement. Dans tous les cas, l'usure successive produit toujours ce résultat. Il a encore contre lui l'oxydation de la tige, qui empêche ses mouvements au bout d'un certain temps.

Le problème à résoudre pour la bonne construction d'un indicateur de niveau est donc de faire en sorte que les variations puissent être rendues sensibles autrement que par du verre, qui se ternit ou se brise, ou à l'aide de combinaisons mécaniques qui exigent que l'intérieur de la chaudière soit en communication, même indirecte, avec l'atmosphère.

Plusieurs constructeurs ont imaginé des dispositions particulières qui atteignent ce but plus ou moins complétement; nous avons publié dans le tome IV le flotteur de M. Bourdon, qui a été et qui est encore l'un des plus employés, parce qu'il a l'avantage de ne pas avoir de stuffingbox.

M. Lethuillier, de Rouen, qui s'occupe depuis plusieurs années de la construction des divers appareils appliqués sur les générateurs, a imaginé d'appliquer au mouvement du flotteur les propriétés du magnétisme terrestre ou de l'*aimant* proprement dit, dont l'attraction est utilisée pour mettre en mouvement une aiguille en fer placée à l'extérieur d'une boîte de cuivre en communication exclusive avec la chaudière qui produit la vapeur.

Cette boîte renferme un aimant permanent fixé à la partie supérieure de la tige d'un flotteur métallique, dont il suit par conséquent tous les mouvements. L'aimant agissant au travers de la paroi de la boîte, fait mouvoir l'aiguille, qui est entièrement libre, et maintenue seulement contre la surface graduée par l'attraction magnétique.

La fig. 1 de la pl. 36 représente l'ensemble de ce flotteur tout monté, et fonctionnant sur une chaudière à vapeur.

La fig. 2 est une section verticale (à une plus grande échelle) du même appareil, faite parallèlement à la face graduée;

La fig. 3 est une autre section verticale faite perpendiculairement à la précédente;

Les fig. 4 et 5 sont des coupes horizontales suivant les lignes 1, 2, 3 et 4.

On peut remarquer seulement que, dans la figure d'ensemble, l'appareil est supposé muni d'une soupape de sûreté qui n'existe pas dans les fig. 2 à 5.

Le flotteur A se compose de deux calottes sphériques en cuivre rouge, soudées ensemble, formant un corps creux d'une densité inférieure à celle de l'eau. Sa tige *a* s'élève verticalement et passe dans une tubulure ronde B en fonte, boulonnée sur la chaudière C. Elle est maintenue au centre par un premier guide *a'*, en forme de barrette, fixé par des vis à la partie inférieure de la tubulure B. Celle-ci est surmontée d'une boîte en cuivre D, dont la section est rectangulaire; cette boîte est elle-même terminée à sa partie supérieure par un sifflet d'alarme E, analogue à ceux qui sont ordinairement employés en pareille circonstance.

L'intérieur de la tubulure B et de la boîte D est continuellement rempli de vapeur, et ne peut pas avoir de communication avec l'atmosphère, attendu qu'il n'existe aucune garniture.

La tige *a* du flotteur est assemblée avec une pièce à fourche *b* dans laquelle se trouve fixé un aimant en fer à cheval F, dont les extrémités des branches, formant les deux pôles attractifs, sont coudées à angle droit et touchent la face *c* de la boîte prismatique D.

La largeur de l'aimant étant la même que celle de la boîte à l'intérieur, il s'y trouve ainsi maintenu latéralement; il est également guidé dans l'autre sens par une équerre *d* rivée à l'armature *b*, et qui coïncide à peu près à la face de la boîte opposée à celle *c*.

Les deux pôles de l'aimant agissent par attraction sur une aiguille en fer G, et la maintiennent constamment appliquée contre la paroi extérieure du côté *c*, contre laquelle elle s'élève ou s'abaisse en glissant, suivant que l'aimant s'élève ou s'abaisse lui-même. Cette paroi *c* porte des divisions qui servent à apprécier le déplacement de l'aiguille, et par conséquent du flotteur, dont elle suit ainsi tous les mouvements.

Le côté frottant de l'aiguille a une forme cylindrique, afin qu'étant en contact avec la paroi *c* suivant une seule ligne droite tangente, ses mouvements soient plus faciles, et l'attraction plus directe.

L'aiguille est protégée de tout accident extérieur par une glace *e*, qui la préserve également, ainsi que la face graduée, de toute oxydation.

Lorsque le flotteur atteint les limites extrêmes, soit que le niveau de l'eau s'élève soit qu'il s'abaisse de la quantité qui ne doit pas être dépassée, on en est averti au moyen du sifflet E, que l'aimant fait jouer dans les deux cas. La tige de la soupape conique *f*, qui donne accès à la vapeur, est munie à cet effet d'un levier horizontal *g* prenant son point

fixe d'oscillation en f' ; l'une de ses extrémités est munie d'une tige verticale h, dont la partie inférieure est terminée par une petite traverse h'.

Lorsque le flotteur s'abaisse suffisamment pour que l'extrémité coudée de l'aimant F rencontre la traverse h', la tige h est tirée de haut en bas, et le levier g' fait ouvrir la soupape conique, qui laisse alors passer la vapeur dans le sifflet; si, au contraire, il s'élève à la partie supérieure, le taquet d rencontre la branche coudée g' du levier g, qui opère de la même façon que ci-dessus pour faire ouvrir la soupape f.

On peut, au besoin, ouvrir cette soupape à la main, et faire jouer le sifflet au moyen du bouton i, dont sa tige est munie à son extrémité supérieure.

On comprend maintenant que cet appareil remédie parfaitement aux inconvénients reprochés aux autres systèmes d'indicateurs de niveau, on n'a plus à craindre avec lui ni rupture de verre ni fuites de vapeur, puisqu'il est complétement clos et ne présente aucune pièce mobile de l'intérieur à l'extérieur.

Le constructeur s'est assuré, au moyen d'expériences réitérées, que l'aimantation de l'acier ne s'altère aucunement à des températures allant de 180 à 200 degrés centigrades : on n'a donc rien à craindre de l'action de la vapeur, dont la température est loin d'atteindre ce chiffre, même dans les plus hautes pressions.

L'appareil peut être disposé pour recevoir une soupape de sûreté H, ainsi qu'on l'a supposé fig. 1, ce qui constitue, en résumé, un instrument complet, élégant et peu dispendieux, ayant en outre le mérite de n'exiger qu'une seule ouverture sur la chaudière.

Un rapport très-favorable pour l'inventeur a été fait par la commission des machines à vapeur au Conseil des mines au sujet de cet appareil, que l'on peut conseiller avec assurance. La Société d'encouragement pour l'industrie nationale en a également rendu un compte très-avantageux dans l'un de ses derniers bulletins.

Le prix de ces instruments est de 170 fr., pris chez le constructeur, qui les envoie tout montés. Il s'élève à 180 pour ceux qui sont munis d'une soupape.

TIROIR A DÉTENTE VARIABLE

APPLICABLE A TOUTE ESPÈCE DE MACHINES A VAPEUR,

Par **M. GEORGES**, ingénieur-mécanicien à Paris.

(PLANCHE 36, FIG. 6 A 11.)

M. Georges, ingénieur mécanicien, a eu l'obligeance de nous communiquer les détails d'un système de tiroir à détente dont il est l'inventeur, et qui nous a paru remplir au plus haut degré les conditions exigibles d'un mécanisme de ce genre.

En effet, ce n'est pas sans surprise que nous avons pu nous convaincre, qu'à l'aide de combinaisons très-simples, et sans se servir d'autres organes moteurs que d'excentriques circulaires, on pouvait parvenir à opérer la détente de la vapeur dans un cylindre, à tel point de la course du piston qu'il soit donné de le faire, avec les mêmes pièces, et une grande précision.

La détente est variable à volonté pendant la marche de la machine, et sans avoir à subir l'influence des pièces en mouvement; la construction du mécanisme permet d'en régler les fonctions sans la moindre difficulté.

Son auteur présente deux dispositions dont la première remplit les conditions que nous venons d'énoncer, et la deuxième, basée sur le même principe, mais très-simplifiée, fait opérer une détente fixe d'une manière bien plus avantageuse que par recouvrement, et en un point quelconque de la course du piston.

La fig. 6 est une coupe longitudinale du mécanisme de la détente variable, indiquant la disposition des tiroirs dans la boîte à vapeur, et son application à un cylindre de machine;

La fig. 7 est une coupe transversale suivant la ligne 1-2 par l'axe général correspondant à l'orifice de sortie;

Les fig. 8 et 9 sont des pièces détachées du mécanisme, et à une échelle plus grande;

La fig. 10 représente une légère modification du système, qui réside dans le moyen de faire mouvoir les pièces qui font varier la détente.

La disposition adoptée pour la détente fixe est représentée par la fig. 11.

(Fig. 6 à 9) DÉTENTE VARIABLE. — L'ensemble de ce mécanisme se compose principalement de deux tiroirs A et B contenus dans la même boîte à vapeur C. Ils sont séparés par une cloison D, qui les rend entièrement indépendants, en même temps qu'elle divise en deux parties à peu

près égales la boîte à vapeur, dans laquelle elle joint parfaitement sur les quatre côtés latéraux.

Le tiroir A qui opère la distribution est combiné, par rapport aux orifices *a* et *b* du cylindre E, de la même façon qu'à l'ordinaire, pour ceux qui admettent la vapeur sans détente; il a peu ou point de recouvrement; toutefois il diffère des tiroirs connus, par ses lumières *c* et *d*, qui s'ouvrent directement sur la face postérieure, en s'élargissant d'une quantité considérable.

Le tiroir de la détente B n'est, à proprement parler, qu'une plaque percée d'outre en outre d'une ouverture rectangulaire, dont les bords extrêmes *e* et *f* forment les bandes qui agissent pour admettre la vapeur ou l'intercepter.

La cloison D est formée, dans le sens de son épaisseur, de deux platines réunies par des vis à têtes noyées. La platine supérieure est percée d'une longue ouverture rectangulaire, dont la platine inférieure D′ est le fond; celle-ci est percée également de deux lumières *g* et *h*, continuellement en rapport avec celles *c* et *d* du tiroir de distribution.

L'intérieur de l'évidement formé par les deux platines D et D′ est garni de deux registres en bronze *i* et *j*, de même épaisseur que la platine D, et ajustés à queue d'hironde par leurs rives parallèles à la marche des tiroirs, ainsi que le montre la fig. 7. Ces deux registres, dont la position est variable avec le degré de détente, peuvent s'éloigner ou se rapprocher l'un de l'autre simultanément, de façon à modifier symétriquement les deux lumières *g′* et *h′* qu'ils forment aux extrémités de l'évidement de la platine D, et vis-à-vis de celles *g* et *h* de la platine inférieure D′.

La position des glissières *i* et *j*, et par conséquent le degré d'ouverture des lumières *g′* et *h′*, se règlent très-facilement au moyen du pignon *k* qui engrène avec les deux petites crémaillères *l*, fixées chacune aux glissières *i* et *j* : il suffit pour cela d'agir sur la poignée *m*, dont la tige du pignon est munie; cette tige passe dans une boîte à étoupe montée sur le couvercle de la boîte à vapeur *c*. Un cadran *n* sert à mesurer l'angle que l'on fait décrire à la poignée *m*, pour chaque degré de détente déterminé.

La fig. 8 représente le détail du mouvement des glissières, en projection horizontale;

La fig. 9 est une vue analogue de la disposition du cadran.

La construction particulière des organes étant ainsi définie, il est facile de concevoir leurs fonctions relatives.

Admettons d'abord que le tiroir A soit au point où la vapeur commence à s'introduire dans le cylindre par l'orifice *a*, position qui correspond, ainsi qu'on le sait, au milieu de sa course (plus l'avance à l'introduction) et à l'une des extrémités de celle du piston ; le tiroir de détente est également à l'extrémité de sa course, et découvre entièrement l'orifice *g′*. La vapeur qui remplit la boîte s'introduit librement, en passant par les ouvertures *g′g* et *c*.

Le tiroir B est, ainsi que nous l'avons dit, mû par un excentrique circulaire, dont le centre mobile correspond justement à l'axe de la manivelle, et du même côté que le bouton qui l'assemble avec la bielle. Il en résulte que le tiroir marche exactement comme le piston, commence et finit sa course en même temps que lui.

Par conséquent, si nous suivons sa marche à partir du point où nous venons de le supposer placé, l'arête *e* en s'avançant vers le centre de la boîte C va recouvrir progressivement l'orifice *g'*, jusqu'à le fermer complétement, et intercepter le passage de la vapeur.

Le résultat important de cette combinaison, c'est que le tiroir B ayant commencé sa course en même temps que le piston, et à partir du bord même de l'orifice *g'*, celui-ci reste ouvert pendant un temps, qui est à celui de la course totale du piston comme sa largeur est à la course entière du tiroir B; ou en d'autres termes, si la largeur de l'orifice *g'* est la moitié par exemple de la course du tiroir B, il se trouve complétement recouvert quand le piston est à la moitié de sa course, et la détente commence. Si *g'* en est le tiers, la détente commencera au tiers de la course du piston, etc.

On peut concevoir maintenant comment, par ce mécanisme ingénieux, on peut opérer la détente en un point quelconque de la course du piston; il suffit pour cela de donner à l'orifice *g'* une largeur qui soit une fraction de la course du tiroir B égale à celle de l'émission à pleine vapeur comparée à la course totale du piston.

Nous avons dit comment on pouvait varier la largeur des orifices *e* et *f* au moyen du pignon *k*, et de la poignée *m* adhérente à sa tige. Le déplacement des registres *i* et *j* ne modifiant que les bords intérieurs des lumières *g'* et *h'*, la distance des bords extérieurs est invariable, de façon que dans tous les cas, les arêtes *e* et *f* reviennent toujours à ces mêmes bords à chaque fin de course, dans les deux sens de la marche.

On peut encore modifier la position des registres *i* et *j* de façon à admettre la vapeur dans le cylindre pendant toute la course du piston : il s'agit simplement de les rapprocher l'un de l'autre jusqu'à rendre les orifices *g'* et *h'* égaux à la course même du tiroir B.

Le cadran *n* est divisé en parties égales qui peuvent représenter, même une échelle métrique de la course du piston : car il est évident que pour des angles égaux décrits par le pignon *k*, les registres *i* et *j* se déplacent de quantités égales, en raison des crémaillères *l*; et que ces mouvements sont eux-mêmes proportionnels à la course du tiroir B, et par conséquent du piston moteur.

Rien n'est donc plus facile que de régler une telle détente et de connaître à chaque instant, sans erreur possible, les conditions de la marche.

On peut aussi, par ce système (ce que la plupart des autres ne donnent pas) détendre en un point quelconque de la course, et même marcher à pleine vapeur, sans rien retrancher du mécanisme. On sait, en effet, que bien des tiroirs ne permettent pas d'admettre la vapeur au delà de la pre-

mière demi-course ; et que d'autres, au contraire, ne peuvent opérer la détente qu'au delà de ce point : tels sont, par exemple, les tiroirs à recouvrement, avec lesquels la détente est invariable, et qui ne permettent pas de marcher au besoin à pleine pression.

On voit par les figures que les tiroirs sont montés, comme à l'ordinaire, chacun dans un châssis en fer *o*, auquel se relie la tige *o'* qui se rattache au mouvement de l'excentrique : seulement le constructeur a jugé nécessaire d'y ajouter une tige o^2 qui sert de guide, et maintient les pièces dans leur axe normal.

L'orifice central *a'* sert à l'échappement de la vapeur, qui passe comme toujours par l'évidement *b'* du tiroir A.

L'arrivée de la vapeur dans la boîte C se fait par la tubulure F ajustée sur le couvercle.

MODIFICATION A LA DISPOSITION PRÉCÉDENTE. — La fig. 10 représente le même mécanisme, dans lequel le pignon *k* et les crémaillères *l* sont remplacées par une vis à deux pas *p* qui se taraude dans deux talons *q* et *r*, solidaires avec les registres *i* et *j*.

Cette deuxième disposition a toujours pour résultat de rapprocher ou d'éloigner les registres l'un de l'autre ; la vis *p* est prolongée au dehors, en passant dans une boîte à étoupe, et porte une manivelle *p'* sur laquelle on agit à la main pour varier la détente.

Pour que les mouvements de la manivelle puissent être appréciés, l'un des talons *q* ou *r* porte une petite saillie qui est engagée dans une petite crémaillère *s*, engrenant avec le pignon *t*, dont la tige porte une aiguille *m*; les mouvements de cette dernière sont lus sur le cadran *n*, comme dans la disposition précédente, et de même, suivant des divisions égales.

Il suit de là que si l'on fait tourner la vis *p* d'une quantité quelconque, celui des talons *q* ou *r* qui est engagé dans la crémaillère *s*, l'entraîne dans son mouvement, et par suite fait tourner le petit pignon *t*, dont la rotation est indiquée par l'aiguille *n*.

On a supposé ici que la cloison D soit formée d'une seule platine, au lieu des deux D et D', ce qui n'avait lieu que pour faciliter l'ajustement de l'élégie et des registres *i* et *j*.

(Fig. 11) DÉTENTE FIXE. — Cette autre disposition permet, ainsi que nous l'avons dit, d'opérer une détente fixe, mais dans un point quelconque de la course du piston.

Le tiroir A a la même structure que précédemment ; celui B est une masse pleine, d'une forme rectangulaire, et agissant par conséquent par ses bords extérieurs.

La cloison D est une simple platine percée des deux orifices *g* et *h*.

La situation adoptée sur le tracé ci-joint est encore celle du commencement de l'introduction de la vapeur. Le tiroir A est toujours dans la position habituelle, et celui B à l'extrémité de sa course ; il découvre complétement l'orifice *g* par lequel s'introduit la vapeur. On fera remarquer

seulement que le tiroir agit ici en allant du centre à l'extrémité et ferme les orifices *g* ou *h*, quand il atteint leurs bords extérieurs; il se meut encore comme le piston, mais en sens inverse, de la même façon que deux pistons dont les manivelles seraient calées en ligne droite sur le même arbre. L'excentrique est toujours calé sur le même axe que la manivelle, mais diamétralement opposé à la position de celui du tiroir B, dans la disposition du premier système, fig. 6 et 10.

En résumé, la relation entre la largeur des orifices *g* et *h*, et la course du tiroir B détermine encore le degré de détente à produire. Si cette largeur était égale à la course, la vapeur agirait sans détente; si on la suppose au contraire très-petite, la vapeur n'est admise que pendant un temps très-court : ce qui démontre qu'on peut à l'aide de ce mécanisme, aussi simple qu'ingénieux, varier à l'infini par la construction primitive tous les degrés de détente.

On peut néanmoins changer la condition adoptée, en modifiant la largeur des orifices *g* et *h*. Ce cas a été prévu par le constructeur qui a ménagé sur le dessus de la cloison D deux petites plaques *i*, *i'*, qu'on peut déplacer à volonté en démontant les vis qui les tiennent en place. On peut ainsi s'en servir pour changer la largeur des lumières *g* et *h*; elles peuvent aussi servir à régler le montage avec plus de facilité.

APPAREIL A EAU CHAUDE

POUR LE CHAUFFAGE DES SERRES ET ORANGERIES,

Par **M. GERVAIS**, à Paris.

CONSTRUCTION DES SERRES EN FER

Par **M. BERTIN**, à Viry (Seine).

(PLANCHE 37.)

Si le système à circulation de l'eau chaude a été appliqué avec succès pour le chauffage des édifices publics, il rend aussi bien des services, quoique exécuté sous une plus petite échelle, lorsqu'on en fait l'application dans les serres, dans les orangeries et dans d'autres établissements.

Mais il est bon de dire que l'on distingue deux modes de chauffage à l'eau : l'un est appelé système à haute pression, et l'autre à basse ou à moyenne pression.

Le premier que l'on attribue à Perkins, et qui, nous croyons, a été introduit en France par MM. Gandillot, consiste à remplir d'eau une série de tubes en fer et à la soumettre à une très-haute température, correspondante à 175, 180 et même 200 degrés; en faisant circuler les tubes dans les contours des pièces, on peut chauffer celle-ci très-fortement, quoique les tubes ne présentent qu'une très-faible surface de chauffe, parce qu'on ne leur donne souvent que 3 à 4 centimètres de diamètre.

Une si grande pression a fait craindre les accidents et surtout les fuites par les joints des tubes, mais MM. Gandillot, qui ont monté une fort belle usine à vapeur près Saint-Denis, sont arrivés à fatiguer ces tubes et à exécuter les manchons d'assemblage avec une telle solidité, qu'ils résistent parfaitement à des pressions intérieures de 30 à 40 atmosphères et plus. Aussi ils en font aujourd'hui de nombreuses applications.

Le second système, qui est celui que nous allons particulièrement décrire, consiste à chauffer l'eau dans une chaudière et à la faire circuler

dans des tubes de 10, 12 à 15 centimètres de diamètre, qui par cela même qu'ils présentent beaucoup plus de surface, n'exigent pas que la température soit aussi élevée.

On sait que M. Léon Duvoir s'est acquis une grande réputation en France, en s'adonnant spécialement à ce genre de chauffage ; c'est certainement la maison la plus considérable et qui a été chargée à ce sujet des travaux les plus remarquables, parmi lesquels nous devons citer les appareils du palais du Luxembourg, de celui du quai d'Orsay, de l'établissement de Bicêtre, de l'église Saint-Roch, de celle de la Madeleine, et d'un grand nombre d'autres, qui tous sont ainsi chauffés par la circulation de l'eau chaude.

Mais, dans de telles applications, qui sont d'autant plus importantes qu'elles se trouvent dans des établissements plus fréquentés, plus habités, comme les salles du Conservatoire, les théâtres, les hospices, etc., ce n'est pas seulement le mode de circulation qu'il faut bien établir, c'est aussi la ventilation rationnelle et continue, sans laquelle le chauffage le plus régulier, le plus économique, ne vaut rien.

MM. Thomas et Laurens, qui ont appliqué récemment leur système de chauffage mixte à l'hôpital de Lariboisière, sont arrivés au résultat le plus satisfaisant, en établissant une ventilation active, qui, sans gêner les malades, leur fournit toujours la quantité d'air pur nécessaire, condition la plus essentielle pour l'hygiène.

Ainsi, par l'hiver rigoureux que nous venons de traverser, on a constaté que les salles parfaitement ventilées conservaient une température moyenne de 15 à 16 degrés.

Nous ferons connaître ces grands appareils de chauffage et de ventilation dont on examinera sans doute plusieurs modèles à l'Exposition universelle ; mais en attendant nous croyons qu'on ne verra pas sans quelque intérêt les appareils réduits et beaucoup plus modestes qui sont appliqués pour le chauffage des appartements et des serres.

Plusieurs fabricants de Paris s'occupent de ce genre d'appareils ; on peut aujourd'hui visiter, à l'Exposition universelle d'horticulture qui vient de se former aux Champs-Élysées, en face du Palais de l'Industrie, différents modèles qui fonctionnent, particulièrement pour des serres chaudes, dans lesquelles on conserve des plantes rares.

M. Gervais, par qui nous avons fait établir le petit appareil représenté sur la pl. 37, est bien connu pour les calorifères à eau chaude. Le système de chaudière qu'il dispose dans ses chauffages est très-simple, très-économique, et ne consomme pas beaucoup de combustible, comme nous avons pu le constater par nous-même.

Ayant à chauffer une serre tempérée et une orangerie contiguë, nous dûmes, en nous adressant à ce constructeur, lui demander de disposer ses tubes de circulation, de telle sorte que l'on pût à volonté chauffer à la fois deux capacités, ou interrompre la communication de l'une, tout en main-

tenant celle de l'autre. Il est évident que dans une salle destinée à ne contenir que des arbustes, comme des orangers, des lauriers, des grenadiers, etc., une température de 5, 6 à 8 degrés centigrades, peut suffire, dans les temps les plus froids, tandis que pour des fleurs, des jeunes plantes ou des primeurs, il convient de maintenir souvent une température de 12 à 15 degrés et plus.

Or, la disposition adoptée remplit parfaitement le but. Il a suffi d'établir sur les tuyaux, près de la cloison qui sépare la serre de l'orangerie, des clefs ou soupapes que l'on ferme quand on ne veut pas chauffer cette dernière, tandis qu'on continue à chauffer la première. On pourra se rendre compte de cette disposition sur les figures du dessin pl. 37.

Les fig. 1 et 2 représentent les vues d'ensemble, en élévation de face, et en plan ou coupe horizontale de la serre et de l'orangerie, telles que nous les avons fait exécuter à Saint-Cloud. Ces figures sont dessinées à l'échelle de 1/100 ou d'un centimètre par mètre.

La fig. 3 est une section transversale faite sur la ligne 1-2 du plan, et dessinée à une échelle double.

La fig. 4 représente au 1/25 d'exécution une coupe verticale par l'axe de la chaudière ou du générateur proprement dit et de son fourneau.

La fig. 5 en est une coupe horizontale faite à la hauteur de la ligne 3-4.

Les fig. 6 et 7 sont les détails de la partie extrême des tuyaux, par laquelle on effectue l'alimentation ou la charge de la chaudière.

Les fig. 8 et 9 montrent les détails, en élévation et en section horizontale, de la portion des tubes à laquelle sont appliquées les soupapes ou valves de communication.

Ces détails sont dessinés à l'échelle de 2/25 ou de 8 centimètres par mètre.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL DE CHAUFFAGE (FIG. 1 A 9, PL. 37.)

Cet appareil se compose d'une chaudière en cuivre d'une forme et d'une construction particulière favorable, du reste, à l'utilisation du combustible. Ainsi, elle est formée d'une enveloppe extérieure A B, dont une partie A est cylindrique et verticale, tandis que l'autre partie B est demi-cylindrique, ou en tombeau, et horizontale. Elle doit contenir toute l'eau nécessaire au chauffage proprement dit. Pour cela sa capacité est évidemment en raison du volume même de la serre ou de l'appartement à chauffer.

Celle que nous avons représentée est du plus petit modèle adopté par le constructeur, elle ne contient guère que 30 à 35 litres d'eau, avec l'espèce de bouteille C qui la surmonte. Elle peut suffire, dans ces dimensions, pour une serre de 10 mètres de longueur sur 4 à 5 mètres de large.

M. Gervais en construit sur des proportions plus considérables, qui contiennent 50, 100 et 150 litres d'eau, et qui chauffent des serres de 15, 20 et 25 mètres de longueur sur 5 à 6 mètres de large et plus.

Dans l'intérieur de cette enveloppe est une espèce de seconde capacité plus petite, qui doit former le foyer, et qui se compose de même d'une partie verticale D, concentrique à la première, et d'une partie horizontale E, concentrique à la seconde, se terminant sur la même base, laquelle est ouverte pour recevoir la grille en fonte F; elle est en outre séparée par une cloison double en cuivre G, dont l'intérieur est en communication avec l'enveloppe, de telle sorte qu'elle est également pleine, quand on remplit d'eau tout l'espace libre existant entre les deux capacités concentriques, ainsi que la bouteille ou le réservoir supérieur C.

Le remplissage ou l'alimentation peut se faire, soit directement par le sommet de cette bouteille, en la surmontant alors d'un bout de tube en cuivre, terminé par un vase ou entonnoir, que l'on ferme ensuite par un couvercle, soit, au contraire, à l'extrémité des tuyaux de circulation, que l'on surmonte également d'un bout de tube analogue, comme celui H, indiqué fig. 6 et 7 et muni de son entonnoir I, par lequel on introduit l'eau.

Dans ce cas comme dans le premier, celui-ci doit être assez élevé pour se trouver toujours au-dessus du niveau quand la chaudière est complétement remplie, ainsi que la bouteille C.

Les tuyaux de circulation sont également en cuivre rouge, formés de deux grandes longueurs qui parcourent toute l'étendue des pièces à chauffer, en restant constamment l'un au-dessus de l'autre, quoique suivant un plan légèrement incliné qui va en montant, à mesure qu'ils s'éloignent du générateur. Le tuyau inférieur J s'adapte en *a* sur le flanc de la chaudière, un peu au-dessus de sa base, et celui supérieur K part du côté de la bouteille en *b* pour se rejoindre avec le premier vers le coude où ils se réunissent tous deux. Le tuyau J est ce qu'on appelle le tuyau de retour, parce qu'il ramène constamment à la chaudière l'eau refroidie, qui en est partie chaude en venant par le tuyau supérieur K.

Tout le monde connaît aujourd'hui la propriété de l'eau qui est échauffée dans un vase quelconque mis en communication avec des tuyaux dirigés vers des points plus ou moins distants : la portion la plus chaude tend sans cesse à s'éloigner du vase, tandis que la portion refroidie y revient.

Ainsi, dès que la chaudière est chauffée, comme on a le soin de la tenir constamment pleine (ce dont il est facile de s'assurer, en retirant le couvercle qui forme l'entonnoir I), l'eau la plus chaude se tenant à la partie supérieure s'élève dans le tuyau K, et chasse constamment devant elle l'eau moins chaude, qui se trouve naturellement refroidie par le contact de la pièce, à mesure qu'elle s'éloigne du générateur, et qui redescend alors par le tube inférieur J, par lequel elle est ramenée à la chaudière où elle s'échauffe de nouveau.

Il s'établit donc ainsi une circulation continue, quelle que soit d'ailleurs la largeur des tubes, comme aussi quelles que soient les capacités à chauffer et les hauteurs auxquelles on veut arriver.

Lorsque ces capacités sont très-grandes, ou quand on veut obtenir des températures très-élevées, on y place, soit vers le milieu, soit à divers endroits, des espèces de poêles, formés d'une série de tubes verticaux ou en serpentin, avec lesquels on fait communiquer les tuyaux précédents, de telle sorte à prolonger ainsi la circulation, en obligeant l'eau à parcourir successivement tous ces tubes, avant de s'en retourner à la chaudière. On augmente ainsi la surface de chauffe, ou de contact avec l'air, et on utilise mieux par suite toute la chaleur dégagée par le calorifère. Pour rendre ces tubes peu apparents, on les entoure de feuilles de cuivre découpées ou de plaques de fonte à jours qui, par l'arrangement même qu'on leur donne, forment réellement des meubles que l'on peut assimiler à de jolis poêles plus ou moins ornementés.

La serre que nous avons fait construire n'étant pas d'une grande capacité, et étant destinée seulement à élever des fleurs de saison, n'exigeait pas l'addition d'un tel poêle; les deux tuyaux J et K, qui partent du fourneau L placé à l'une des extrémités, dans le cabinet du jardinier, se prolongent parallèlement dans toute la longueur et sous la *bâche* M, dans laquelle il prépare ses *boutures*.

Ils auraient pu se terminer à l'autre bout de la pièce en *c* vers la cloison de séparation N, mais désirant aussi chauffer l'orangerie, au moins jusqu'à un certain degré, il était tout naturel de continuer les tuyaux dans cette pièce, avec la faculté toutefois d'en interrompre la communication à volonté. C'est pourquoi, près de la cloison, le constructeur les a fait bifurquer d'une certaine quantité, afin d'y adapter des valves ou soupapes en cuivre (fig. 8 et 9), munies chacune d'une clef ou poignée *d* que l'on peut tourner à la main, et disposées comme celles des tuyaux de poêles ordinaires pour s'ouvrir ou se fermer selon les besoins. Les axes de ces valves sont garnis du côté de la clef d'une petite boîte à étoupes, afin d'éviter toute fuite.

On comprend alors, par cette disposition, que lorsqu'on veut chauffer le tout, il suffit de laisser les soupapes ouvertes, afin que la circulation s'établisse sur toute la longueur. Si, au contraire, l'orangerie est à une température convenable, de 6 à 8 degrés, lorsque la serre doit être chauffée à 14 ou 15 degrés, on interrompt naturellement la communication en fermant les deux valves.

Comme on ne doit pas chauffer l'eau à plus de 100 degrés, qui est la température de l'eau bouillante, il est prudent de munir la chaudière d'un petit tube à air *e* (fig. 2) que l'on fait sortir au dehors, en l'élevant à une hauteur plus grande que l'entonnoir par lequel on remplit. Par mesure de précaution, on en a placé également un en *f* sur le tuyau supérieur K près de la cloison. Ces tubes sont en plomb, d'un diamètre de 10 à 12 millimètres seulement; en permettant à l'air et à la vapeur de se dégager, ils font l'office de soupapes de sûreté, car alors l'eau ne peut dépasser une pression supérieure à la pression atmosphérique, augmentée de

la charge résultant de la différence de niveau qui existe entre le point le plus élevé des tuyaux et leur jonction avec le générateur.

Dans une serre, comme celle qui nous occupe, cette différence de niveau n'est pas grande, elle correspond tout au plus à 1/10 d'atmosphère ; mais elle peut être beaucoup plus sensible dans d'autres circonstances. C'est surtout lorsqu'on chauffe des appartements, des hospices ou des palais à plusieurs étages que la pression devient notablement plus considérable et peut s'élever même à plusieurs atmosphères, car on sait qu'une colonne d'eau de $10^{m}40$ environ correspond justement à la pression atmosphérique.

Le générateur est renfermé, comme le montrent les fig. 4 et 5, dans un fourneau en briques L, qui est ouvert sur le devant pour permettre d'y introduire le combustible, et sous la grille pour l'introduction de l'air. On voit que la flamme et la fumée, quand le charbon est allumé, s'élèvent dans l'intérieur de la chaudière, jusqu'au-dessus de la double cloison G, pour repasser de l'autre côté et sortir par l'ouverture *g*, afin de chauffer de même l'enveloppe extérieure.

De cette sorte toute la surface reçoit réellement l'action du calorique ; la petite quantité d'eau contenue dans la chaudière, comparativement à cette surface, est alors bientôt échauffée.

La fumée s'échappe ensuite soit par un conduit latéral *h* (fig. 5), qui l'amène à la cheminée d'appel P (fig. 1), soit plutôt, pour un canal inférieur *h'* (fig. 4), qui la conduit de même à la cheminée. Celle-ci est en tôle ou en cuivre ; elle est prolongée transversalement sur toute largeur de la serre, au-dessus de laquelle elle se termine (fig. 3), afin de profiter de la chaleur qu'elle peut donner par le transport des gaz brûlés.

L'entrée du foyer est fermée par une porte en tôle ou en fonte Q, qui s'applique contre la face du fourneau et en dehors de la serre, afin qu'on ne soit pas obligé d'apporter le combustible, qui est ordinairement de la houille, dans l'intérieur de celle-ci. En faisant le feu au dehors, on ne craint pas les saletés provenant des escarbilles, des cendres et du charbon lui-même. Il est du reste facile de nettoyer l'intérieur du fourneau et du foyer, par l'ouverture rectangulaire O (fig. 4 et 5) qui a été ménagée dans l'épaisseur du massif, sur la face opposée à l'entrée, et qui est bouchée hermétiquement par un tampon en fonte que l'on retire aisément quand il est nécessaire.

Un tube en cuivre A, muni de son robinet R (fig. 5) est appliqué vers la base de la chaudière pour servir à la vider quand on le juge convenable. Il est toujours à la disposition du jardinier. Quoiqu'on n'ait pas souvent à renouveler l'eau dans le générateur, puisque c'est toujours la même qui est réchauffée, il est bon cependant de la changer, quelquefois surtout lorsque ce sont des eaux sales chargées de carbonate ou de sulfate de chaux. Il est utile aussi qu'il vérifie de temps à autre, pendant que l'appareil fonctionne, si l'eau se maintient à son niveau ; il doit avoir le soin d'en remettre pour remplacer soit les fuites, soit les pertes provenant de l'éva-

poration. Cette opération lui est très-facile, puisqu'il n'a qu'à retirer le couvercle de l'entonnoir I, pour y introduire la quantité nécessaire.

L'espace vide qui est laissé au-dessus de la chaudière est ordinairement rempli de bonnes terres que le jardinier utilise à préparer ses boutures, en profitant ainsi de la chaleur du fourneau.

M. Gervais est sans doute le fabricant de Paris qui a établi le plus d'appareils de chauffage pour les serres de différents genres; il en comptait plus d'un mille en 1854, et aujourd'hui il a atteint le n° 1065; on peut dire qu'il a acquis une réputation méritée dans cette spécialité.

Le prix de ces appareils est nécessairement variable selon leurs dimensions, et aussi la quantité de tuyaux et d'accessoires qui s'y rattachent.

Celui de la petite chaudière, qu'il nomme le n° 1 est de 150 à 165 fr.
Celui de la chaudière n° 2 est de 200 à 220
Et celui de la plus grande appelée n° 3 est de 400 à 420

On a vu que ces chaudières sont tout en cuivre rouge et bien assemblées, avec l'épaisseur convenable pour résister au feu et à la pression.

Les accessoires sont comptés à part sur les bases suivantes :

Les gros tuyaux en cuivre de 14 centimètres de diamètre coûtent 14 à 16 francs le mètre courant. La différence tient à la valeur de la matière première, qui est quelquefois très-chère, surtout depuis trois ans.

Ceux de 12 centimètres sont cotés 13 à 14 francs.
Ceux de 10 centimètres de 10 à 11 »
Et ceux de 8 centimètres de 8 à 9 »

Les soupapes d'arrêt qui servent à établir ou à interrompre la circulation coûtent 15, 20 et 25 francs, suivant les diamètres de 8, 10 et 12 centimètres.

Les brides en fer qui relient les bouts des tuyaux avec les vis et boulons reviennent à 10 fr. pièce, pour les plus grandes de 14 cent., et à 5 fr. les plus petites.

Enfin, les portes des fourneaux avec leurs châssis en fer coûtent 10, 12 et 15 fr., selon le n° des chaudières.

En résumé, l'appareil de chauffage n° 1, que nous avons appliqué à Saint-Cloud, nous est revenu, y compris la pose, toute la tuyauterie, les soupapes, robinets, grilles et cheminées, à 940 fr. — Nous avons eu 37 mètres de tuyaux en cuivre de 11 centimètres de diamètre extérieur, à cause de l'orangerie, tandis que la moitié environ aurait parfaitement suffi s'il n'y avait eu que la serre à chauffer. Ces tuyaux ont coûté 13 fr. le mètre courant. La construction du fourneau en briques, ses cercles d'entourage, les supports en fer pour soutenir les tuyaux, ont été payés en dehors.

CONSTRUCTION DES SERRES EN FER.

DESCRIPTION DE LA SERRE REPRÉSENTÉE FIG. 1 A 3, PL. 37.

Les applications du fer et de la fonte se multiplient chaque jour considérablement. Aussi on n'est pas étonné aujourd'hui de les voir se répandre dans un grand nombre de constructions. Pour les serres, en particulier, elles sont très-avantageuses, parce que le métal laisse beaucoup plus de jour que la pierre ou le bois, et qu'il n'a pas, surtout, comme celui-ci, l'inconvénient de gauchir, de renfler, ni de prendre du jeu, par les différences de température.

Les serres en fer prennent d'autant plus d'extension qu'elles se prêtent mieux aux emplacements, aux formes qu'on veut leur donner, aussi on en fait actuellement qui sont d'une grande élégance, et ne laissent rien à désirer sous tous les rapports. On peut s'en faire une idée, du reste, en visitant l'exposition d'horticulture, où l'on a réuni plusieurs modèles fort remarquables.

Le plus souvent une serre se place vers l'est, on a remarqué que c'est l'exposition la plus convenable pour les fleurs; elle s'adosse alors contre un mur vertical à l'ouest : telle est celle que nous avons fait établir à Saint-Cloud, par M. Bertin, entrepreneur de serrurerie à Viry-sur-Seine, qui en a construit un grand nombre. La partie supérieure du mur sert de passage au jardinier pour y monter au besoin, lorsqu'il est nécessaire d'y mettre des claies ou des paillassons.

Lorsqu'on a un emplacement libre assez vaste, on peut monter une serre double, éclairée de tous côtés, en ménageant toujours vers le faîte un passage droit, comme une sorte de pont, de 60 à 70 centimètres de large, que l'on garnit d'une balustrade formant garde-fou.

Dans certains cas, les ferrures sont cintrées pour rendre la couverture plus élégante; cependant, comme cette disposition augmente un peu le prix d'exécution, on se contente le plus généralement des toitures inclinées comme celle qui est représentée sur la fig. 3. On y ménage des châssis à tabatières qui permettent en s'ouvrant de l'intérieur de donner tout l'air nécessaire dans les différentes parties de la pièce.

A l'exception de la face qui est appliquée contre le mur, les trois autres côtés de la serre sont entièrement vitrés, à partir de 75 à 80 centimètres du sol. Ainsi, quoiqu'elle soit voisine de l'orangerie, le pignon ou la cloison verticale N (fig. 2) qui la sépare de celle-ci, est aussi en vitrage; et comme ce pignon est exposé au midi, et qu'il s'élève au-dessus, il permet au jour et au soleil d'y pénétrer; une porte en fer Q′, également vitrée, établit la communication entre cette orangerie et l'intérieur de la serre, comme il y en a une semblable P′ au milieu de la cloison N′ qui sépare celle-ci du cabinet du jardinier.

La fig. 3 montre bien, en section transversale, la disposition d'une ferrure entière, du vitrage supérieur et des châssis mobiles que l'on ouvre plus ou moins, selon la quantité d'air que l'on veut laisser pénétrer dans l'intérieur.

Chaque ferrure proprement dite se compose d'une pièce en fer méplat S (fig. 10), dont une partie droite et verticale descend jusqu'au-dessous du sol, dans l'épaisseur même du parpaing en pierre ou en brique T, qui forme le devant de la serre et avec lequel elle devient ainsi solidaire. La partie inclinée ou oblique, que l'on fait quelquefois cintrée, se prolonge jusqu'au mur, dans lequel elle vient se sceller. Cette partie oblique n'est pas exactement droite, à cause des châssis fixes U et des châssis ouvrants U′ qu'elle doit porter.

Des platines en fer méplat *i* (fig. 11) de 6 millim. d'épaisseur seulement sont rivées de chaque côté, et forment par leur saillie au-dessus une feuillure dans laquelle pénètre le côté de ces châssis, lorsqu'ils sont fermés.

Tous les châssis sont composés de fers d'angle *j* ou fers à T, comme on le voit sur les détails (fig. 12 et 13). On les garnit de verres *k* assez épais, en s'arrangeant de manière à ce qu'ils se recouvrent d'une certaine quantité, ainsi qu'il est indiqué sur les fig. 14, 15 et 16, et ils sont maintenus latéralement avec du mastic. Pour plus de solidité, on enfonce parfois quelques pointes dans les petits trous qui ont été préalablement pratiqués vers les angles.

Les châssis verticaux qui forment la façade sont composés de même, à l'exception que les fers *j′* sont en double T, dans les parties qui ne sont pas rivées aux fermets (fig. 17), parce qu'ils doivent recevoir deux verres au lieu d'un. Comme cette façade est fixe, on préfère assez généralement la garnir de doubles verres, à cause des jeunes plantes, et des boutures que l'on prépare dans la bâche M, qui se place ordinairement d'un côté.

Les bords extrêmes des châssis mobiles U′ sont disposés sur les ferrures, comme le montrent les fig. 18 et 19, qui sont dessinées à l'échelle 1/5. Du côté où ils doivent pivoter sont des espèces de pitons-pattes *l*, qui leur permettent de tourner sur eux-mêmes, quand on les soulève, et de l'autre, à l'intérieur sont rapportés des anneaux *m*, auxquels on attache des crémaillères ou plates-bandes en fer *n* (fig. 3) percées de trous et terminées par une poignée pour les fixer à la hauteur nécessaire, selon le degré d'ouverture que l'on juge convenable de donner.

Ces crémaillères s'accrochent par l'un de leurs trous aux crochets en fer *o* fixés au dessus du vitrage aux platines verticales *p* (fig. 18) qui, rapportées sur les ferrures dont elles maintiennent l'écartement, servent aussi à limiter l'espace qui doit rester entre le châssis supérieur et le châssis inférieur. Lorsque ceux-ci sont ferrés, pour ne pas laisser les crémaillères suspendues verticalement à l'intérieur de la serre, on les couche sur des barrettes en fer *q* qui leur servent de supports.

Sur le sommet du mur contre lequel la serre est adossée et qui est recouvert d'une dalle plate, pour permettre d'y marcher aisément on a le soin de disposer une balustrade en fer X (fig. 3) qui sert de garde-fou, pour parcourir toute la longueur sans danger. Il est quelquefois nécessaire d'y aller soit pour accrocher les ficelles qui retiennent les paillassons ou les claies, et que l'on fait passer sur de petites poulies à gorge placées de distance en distance au pied de la balustrade, soit pour faire des réparations, remplacer des vitres, ou nettoyer, etc.

Actuellement les claies, comme les paillassons, sont rangées de manière à former des espèces de chaînes sans fin qui peuvent s'enrouler facilement sur elles-mêmes, sans autre travail que de tirer, du sol extérieur même de la serre, des ficelles qui les attachent aux poulies. Il en est de même pour les dérouler et les faire couvrir toute la superficie vitrée : on lâche les mêmes ficelles, pendant qu'on tire leurs voisines. Il en résulte qu'en quelques minutes, le jardinier couvre ou découvre sa serre complétement ou partiellement, à sa volonté.

La bâche M, dans laquelle il fait ses boutures, est une longue caisse en chêne qui a 60 à 80 centimètres de largeur, supportée par des consoles en fer *r* (fig. 3) scellées contre le parpaing. C'est sous cette caisse que l'on fait passer les tuyaux de circulation J, K, afin qu'elle reçoive une température convenable, pour les jeunes plantes qu'on y prépare.

Dans le milieu de la serre se place une sorte d'étagère Y, formée de gradins dans tous les sens, pour y placer tous les pots de fleurs à conserver. Cette étagère est ordinairement en bois de chêne et peinte, les tablettes qui la garnissent saillissent les unes par rapport aux autres de 15 à 20 centimètres, selon la dimension des pots qu'elles doivent porter.

Enfin, au pied du mur d'adossement on a ménagé une plate-bande Z que l'on remplit de terre végétale ou de terre de bruyère, pour y faire venir des plantes rares ou des arbustes, comme des camélias qui garnissent toute la surface de la muraille.

Nous n'avons rien à dire de l'orangerie, qui n'est autre qu'une grande pièce élevée, et qui est ici adossée comme la serre, contre le même mur, tandis que la façade est en charpente et en menuiserie, reposant également sur un parpaing en pierres et en briques. Les fenêtres sont disposées de manière à s'ouvrir du dehors, en pivotant sur elles-mêmes. Le dessus est couvert en zinc, avec un plafond à l'intérieur. Elle est destinée, comme on sait, à recevoir pendant la saison d'hiver, de novembre à mai, tous les arbustes en caisses qui s'exposent dans le jardin pendant l'été.

PRIX DES SERRES EN FER.

Les métaux sont encore trop chers en France, pour que les constructions en fonte et en fer puissent rivaliser, sous le rapport du prix, avec les constructions en maçonnerie et en bois. Cependant à cause des avantages

qu'elles présentent sur celles-ci, on les préfère dans bien des circonstances.

La serre que nous venons de décrire ayant près de 10 mètres de longueur, sur une hauteur moyenne de 3 mètres et une largeur intérieure de 4 mètres, a coûté, y compris les cloisons dont nous avons parlé, en ferrures seulement, près de 2,000 fr. Le vitrage et la peinture, ainsi que la menuiserie, ont été payés à part; comme la bâche et l'étagère sont revenus à près de 400 fr., que toute la surface vitrée avec deux couches de peinture en dedans et en dehors en a coûté 500, que les claies en bois assemblées à chaînettes, et les paillassons, sont revenus à plus de 200 fr., on voit que le prix de cette serre s'élève, avec son appareil de chauffage, à environ 4,000 fr., sans la maçonnerie, les fondations, ni le carrelage, que l'on peut estimer, selon les localités, de 5 à 600 fr.

En définitive, l'établissement d'une serre, d'après M. Bertin, peut revenir, pour la carcasse en fer seulement, à 30 ou 35 fr. le mètre superficiel, en comptant toutes les faces comme superficie.

FABRICATION DES BOUGIES STÉARIQUES.

MÉTIER A TRESSER LES MÈCHES.

MACHINES A ROGNER ET A POLIR LES BOUGIES.

(PLANCHE 38.)

Nous avons publié, dans les 2e et 3e vol. de ce Recueil, les appareils en usage dans la fabrication des bougies stéariques, fabrication qui a pris, depuis un certain nombre d'années, une très-grande extension, non-seulement en France, mais encore dans plusieurs autres contrées, et qui rend les plus grands services, en permettant de remplacer avec avantage et surtout avec une économie considérable les bougies de cire.

Il nous reste à faire connaître quelques machines accessoires dont on fait usage dans certaines usines, et particulièrement dans celles montées sur une grande échelle. Telles sont, par exemple, les machines à tresser les mèches, à couper les bougies de longueur, et à rendre leur surface extérieure polie et brillante.

Ces appareils spéciaux, de construction simple et peu dispendieuse, sont dus à différents mécaniciens qui se sont adonnés à ce genre d'industrie, dans laquelle ils apportent parfois des perfectionnements utiles. C'est ainsi, par exemple, que M. Daviron, en s'occupant d'une manière particulière, a su y faire plusieurs innovations, et par suite rendre service à bien des fabricants; on lui doit, entre autres, la machine à polir, qui est intéressante par sa combinaison mécanique et par la quantité de travail qu'elle permet de produire.

Il en est de même de la machine à rogner ou couper les bougies à longueur égale, comme il est très-essentiel de le faire, pour les livrer au commerce. Nous avons lieu d'être surpris de ne pas voir cet appareil plus en usage; car il peut suffire à toute la production d'une grande fabrique.

Quant aux métiers à tresser les mèches, ils sont plutôt employés chez un filateur spécial qui fabrique alors de ces mèches aussi bien pour les fabricants de chandelles que pour les fabricants de bougies.

Ces machines ont beaucoup d'analogie avec les métiers à lacets, que l'on applique depuis longtemps à faire toute espèce de cordonnets, ronds ou plats, de toute grosseur, dont on fait un si grand usage dans la passementerie. Elles sont réellement curieuses par les mouvements des bobines qui s'entrelacent, en formant une sorte de 8, à chaque révolution, et tout en tournant sur elles-mêmes.

Nous avons réuni sur la même planche 38 les dessins de ces trois appareils distincts; nous allons en donner la description exacte, en commençant par le métier à tresser, qui doit naturellement précéder les deux autres dont on ne fait l'application que dans les dernières opérations de la fabrication des bougies.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A TRESSER LES MÈCHES, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 1 A 5, PL. 38.

La fig. 1 est une coupe verticale du métier faite suivant la ligne 1-2-3, et la fig. 2 un plan vu en dessus.

La fig. 3 en est une section horizontale faite au-dessus des mouvements principaux à la hauteur de la ligne 4, 5 (fig. 1).

La fig. 4 est une autre section faite parallèlement suivant la ligne 6, 7.

Et la fig. 5 montre à une plus grande échelle la coupe verticale faite par l'axe de l'une des bobines.

On voit que tout le système est monté sur un bâti carré en bois, composé de quatre montants verticaux réunis par des traverses horizontales A′, dont plusieurs servent en même temps de supports aux pivots ou aux coussinets des axes mobiles.

Vers la partie supérieure sont trois broches parallèles a, a', a^2, qui présentent une disposition particulière, pour correspondre aux bobines B, B′, B², qu'elles traversent verticalement dans toute leur hauteur, en se prolongeant, en outre, au-dessous de celles-ci, afin de s'engager dans les coches demi-circulaires des disques horizontaux C, C′, qui les font successivement changer de place.

Ces broches sont formées avec des tubes en fer ou en cuivre, échancrés vers la partie supérieure pour donner passage aux fils de coton *b*, que l'on doit réunir et tresser de manière à ne faire qu'une seule et même mèche tordue au degré convenable. Leur sommet présente une sorte d'œillet par lequel sort le fil, et à l'intérieur ils renferment chacun un contre-poids *c*, qui, tout en suivant leur marche, remplit réellement deux rôles importants : l'un est de maintenir le fil constamment tendu, l'autre est de soulever, lorsque la tresse a besoin de coton, le levier supérieur *d* (fig. 5) qui permet alors à la bobine de se dérouler d'une certaine quantité.

Quand le coton casse, le contre-poids s'abaisse jusqu'à ce que le toc *e*, rapporté vers la partie inférieure, touche au bas de l'entaille droite et verticale pratiquée dans l'épaisseur du tube ; dans cette position il rencontre

le mentonnet *f* (fig. 1) qui est fixé à la circonférence du cylindre ou rouleau en bois D. Or, ce dernier pouvant pivoter librement sur son axe, et recevant sur une partie opposée l'agrafe *g*, fait décrocher par la tige *h* une espèce de crochet *i* qui est lui-même rapporté à la circonférence du rouleau de renvoi E, et auquel est attachée l'extrémité d'une cordelette *j*. Comme cette corde est reliée par l'autre extrémité à la traverse mobile en bois F (fig. 3), qui peut osciller d'un bout sur le tourillon *k*, et porte à l'autre un ressort méplat *l*, il en résulte que par l'effet de la détente, la corde se lâche, et la traverse qui reçoit le coussinet de l'axe moteur G étant repoussée par son ressort, fait débrayer le pignon droit *m*, qui est monté sur cet axe, de la roue droite *n* avec laquelle il était engrené.

L'axe G est commandé par une paire de roues d'angle H, H′ (fig. 2), qui prennent leur mouvement de l'arbre de couche de l'usine, lequel peut ainsi faire marcher à la fois un grand nombre de métiers semblables. Sa partie inférieure pivote sur une crapaudine en fonte *o*, et sa partie supérieure tourne, comme nous venons de le dire, dans un collet en bronze adapté à la traverse mobile F. La vitesse est d'environ 150 révolutions par minute, et comme le diamètre de son pignon *m* est un peu plus des deux tiers de celui de la roue *n* qu'il commande, l'arbre vertical en fer I qui porte celle-ci, fait dans le même temps 110 à 112 tours, c'est la vitesse que cet arbre transmet, par les roues égales *p*, *p′*, aux deux paires de disques échancrés C et C′. La première paire est ajustée sur l'arbre même et la seconde sur un arbre parallèle I′, qui, comme lui, tourne sur un pivot *o′* et dans un collet en cuivre *q*. Ces disques, dont on voit bien la forme sur le plan (fig. 4), reçoivent successivement dans les trois entailles demi-circulaires pratiquées à leur circonférence et à égale distance, les axes creux ou les broches proprement dites *a*, *a′* et a^2, et par suite les bobines à gorge B, B′ et B^2. Celles-ci sont surmontées chacune d'une virole en bague en cuivre *r*, qui est dentelée au bord supérieur, afin de servir de rochet au dévidage du fil.

Une ailette en fer méplat *s* est coudée à sa base pour porter la bobine et diriger le fil, au fur et à mesure qu'il se déroule, de sa circonférence vers la partie supérieure, et de là dans l'œil ménagé à l'extrémité du levier mobile *d*; et après avoir traversé l'ouverture du contre-poids *c*, ce fil s'élève jusqu'au sommet du tube dont l'œillet arrondi lui permet de se rendre tout en suivant la marche des bobines, à la coche de la platine en cuivre *t* adaptée au support K (fig. 1). C'est vers cette platine que la réunion des trois fils a lieu, et que par conséquent la *tresse* proprement dite se forme en mèche plus ou moins serrée.

Pour cela, on voit que les fils s'entrelacent par le mouvement de translation et de rotation que les disques échancrés impriment aux broches et aux bobines, en tournant sur eux-mêmes. Ainsi il est aisé de comprendre, en examinant la fig. 4, que si les plateaux tournent dans le sens indiqué par les flèches, les trois broches qui occupent les positions indiquées se

transportent, la première a, de gauche à droite, et la troisième a^2, de droite à gauche, pour venir prendre la place de la seconde a', qui s'échappe du centre qu'elle occupe pour aller à la place de la première, puis bientôt celle-ci, continuant sa rotation, vient à son tour occuper cette position centrale que la troisième quitte, en continuant sa marche vers la gauche.

Mais afin que ces transports successifs se fassent régulièrement, avec toute l'exactitude désirable, le constructeur a eu le soin d'établir des guides L qui se terminent en pointe vers la broche du milieu a', et qui peuvent osciller d'une certaine quantité autour des centres u, toutes les fois qu'une broche doit passer. On règle d'ailleurs le degré d'oscillation de ces guides aussi rigoureusement qu'on peut le désirer, au moyen des vis de pression v qui buttent alternativement contre les tiges fixes x.

Les ailettes ne doivent pas tourner sur elles-mêmes comme les bobines, quoiqu'elles suivent d'ailleurs les translations successives de celles-ci; elles portent chacune vers leur partie inférieure un goujon y (fig. 5) qui se loge dans l'une des petites gorges ou entailles demi-circulaires autres que celles qui reçoivent la broche, et pratiquées de même, à égale distance, à la circonférence des disques.

La mèche ou la *natte* à trois bouts, à mesure qu'elle se forme, passe sur une poulie de renvoi M (fig. 1 et 2), et descend jusque sur le rouleau d'appel N, sur lequel elle est serrée par un cylindre de pression O, et de là dans la caisse ou la boîte P, que l'on pose sur le sol.

On comprend sans doute que c'est la vitesse à la circonférence de ce rouleau d'appel qui détermine naturellement la quantité de natte à produire dans un temps donné, et par suite, en même temps, le degré de torsion; car plus sa marche est grande, plus les fils sont tirés rapidement, et comme le nombre de tours des bobines reste le même, il est évident que la torsion est moindre.

Il suffit donc de proportionner la vitesse de ce rouleau à la grosseur des fils et à la torsion que l'on veut avoir, ce qui est toujours facile, soit en augmentant ou en diminuant son diamètre, soit en employant des roues de rechange. Ainsi pour le commander, comme il doit nécessairement tourner très-lentement, comparativement à la vitesse des broches, on a placé sur l'axe des rouleaux une petite roue à dents héliçoïdes R, avec laquelle engrène une vis sans fin S, qui fait corps avec la douille d'un pignon droit T; celui-ci est commandé par une roue droite U, dont l'axe vertical porte une roue semblable V, engrenant avec celle p' que l'on a vu montée sur l'arbre vertical I'. On change naturellement le rapport de vitesse entre ces divers mobiles, en substituant une roue et un pignon à ceux qui existent.

On voit que ce genre de machine est très-simple, et surtout exécuté d'une manière très-économique. On estime qu'elle fait en moyenne 10 kilogrammes de mèches par journée de douze heures, ce qui correspond à une fabrication journalière de 1000 kilogrammes de bougies.

L'ouvrière, chargée de surveiller un tel métier, n'a d'autre occupation que de retirer les bobines et de les remplacer par des bobines pleines, qui ont été préalablement garnies de coton filé de la grosseur convenable dans l'atelier de filature.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A ROGNER LES BOUGIES, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 6, 7 ET 8, PL. 38.

On sait que les bougies, en sortant des moules, ne sont pas exactement de même longueur; leur base, ou l'extrémité opposée à la pointe par laquelle sort la mèche, est d'ailleurs inégale, plus ou moins irrégulière; il est donc essentiel de les couper vers cette extrémité, de telle sorte à les faire rigoureusement égales. L'appareil employé à cet effet est très-simple, comme on peut en juger par les fig. 6, 7 et 8 qui le représentent tout complet et fonctionnant, en élévation de face, en plan vu du dessus, et en vue de côté ou section transversale faite vers l'axe principal, suivant la ligne 8-9.

Cet appareil se compose de deux disques ou plateaux cannelés A, A', qui sont montés parallèlement sur un même arbre horizontal en fer B, de telle sorte que l'un étant fixe et invariable, l'autre peut y glisser de manière à se rapprocher ou à s'éloigner du premier, d'une quantité déterminée. Pour cela, ce second disque est ajusté à douille et retenu sur l'axe par une vis de pression *a*, tandis que l'autre reste à demeure. Les cannelures demi-circulaires pratiquées à la circonférence extérieure de ces plateaux, sont destinées à recevoir les bougies *b*, qui y sont successivement amenées par la tablette inclinée C, à laquelle on a donné préalablement l'inclinaison nécessaire pour que les bougies qui y sont apportées roulent sur elles-mêmes jusque vers la partie inférieure, avec une vitesse convenable, pour correspondre à celle des disques, et qu'elles puissent, par suite, remplir les cannelures au fur et à mesure qu'elles se présentent devant celles-ci, pendant la rotation de l'axe B.

Mais en descendant sur cette tablette inclinée, ces bougies sont forcées de se ranger convenablement, parce que d'un côté, celui qui correspond à l'extrémité pointue, elles sont retenues et guidées par la joue verticale en bois D, dont on a à l'avance réglé la place exacte, à l'aide de la vis de rappel *c* et de son écrou à oreilles *d*. Pour plus de sûreté, pendant qu'elles se trouvent sur les disques, elles frottent par la même pointe contre une seconde joue oblique et verticale E, qui paraît former le prolongement de la première, mais en se rapprochant cependant d'une certaine quantité vers le disque mobile, afin d'obliger, par le contact, chacune de ces bougies à tourner sur elles-mêmes, en même temps qu'elles sont entraînées dans la rotation continue des plateaux qui marchent de droite à gauche, comme l'indique la flèche, fig. 6.

Au moment d'arriver un peu au-dessus de la hauteur de l'axe, du côté

opposé à leur entrée sur les cannelures, elles sont rencontrées par la scie circulaire E, qui tourne sur elle-même avec une grande rapidité, et qui leur enlève toute la portion excédant la longueur voulue.

Les rognures tombent naturellement sur le plan incliné G, qui les déverse dans une caisse spéciale, d'où elles sont reportées à la fonte ; tandis que les bougies coupées, entraînées par la rotation des disques, sont amenées sur le coursier circulaire à jour H, et de là sur la table horizontale à rebord I, afin d'être enlevées par les femmes ou les enfants chargés de les polir et de les mettre en paquets.

Si, d'un côté, on règle la place exacte de la première joue verticale D, on a le soin de régler aussi de l'autre l'obliquité de la seconde E, par un moyen analogue, c'est-à-dire par la vis de rappel *e*, à l'aide de la petite manivelle *f* rapportée à son extrémité.

Pour que les bougies ne puissent sortir de leurs cannelures, au moment où elles sont attaquées par la scie, on a eu le soin de rapporter une espèce de courroie sans fin *g*, qui, passant sur les deux poulies de renvoi *h*, *h'*, les maintiennent appuyées contre la circonférence jusque au-dessous du centre, tout en leur permettant de tourner sur elles-mêmes, parce que le contact seul l'entraîne et l'oblige à suivre le mouvement des disques.

La scie circulaire est montée à l'extrémité d'un petit axe horizontal en fer *i*, mobile sur les coussinets d'un support double en fonte J, qui est boulonné sur la traverse supérieure du bâti K de la machine. Cet axe doit tourner très-rapidement, et, à cet effet, il porte à l'autre bout un pignon droit *j* qui engrène avec une roue beaucoup plus grande L, dont l'arbre porte lui-même un autre pignon semblable *k*, commandé par la roue intermédiaire M.

Cette dernière, afin d'augmenter encore la vitesse du moteur et se trouver à la hauteur convenable pour les précédents, est aussi rapportée sur un axe en fer *l*, portant un pignon ou roue droite N, avec laquelle engrène une roue analogue O, fixée sur l'arbre principal *m*. C'est cet arbre qui est le moteur de la machine ; il porte deux poulies égales dont l'une P est fixe et l'autre P' est folle.

Le rapport entre les deux roues N et O étant de 140 à 160, soit de 7 à 8, la première fait donc 8 révolutions pendant que la seconde en fait 7, c'est-à-dire que si l'arbre de commande *m* reçoit une vitesse moyenne de 50 tours par minute, celle de la roue N est de

$$\frac{50 \times 8}{7} = 57^{t.}14.$$

D'un autre côté, comme le rapport entre le pignon *k* et la roue N est de 45 à 185, soit environ de 1 à 4, 11, la vitesse de ce pignon et par suite de la roue L est égale à

$$57{,}14 \times 4{,}11 = 234{,}85,$$

soit environ 235 révolutions par minute.

Or, le même rapport existe entre le pignon j et la roue L, par conséquent on a

$$235 \times 4{,}11 = 965{,}85,$$

c'est-à-dire que la vitesse de la scie est de 966 tours ou près de 1000 tours par 1′, quand celle de l'axe moteur est de 50 à 52.

Pendant ce temps les disques marchent très-lentement, car ils sont commandés par une roue hélicoïdale R, montée sur leur axe, et qui engrène avec une vis sans fin n, à simple filet, dont l'axe est vertical et se prolonge en dessous pour recevoir le pignon d'angle S, qui est commandé par une roue T de même diamètre, fixée sur l'arbre moteur.

Comme la roue R a 20 dents, elle ne fait qu'un vingtième de tour par révolution de la vis. Mais celle-ci tourne à la même vitesse que l'axe m, par conséquent les disques ne font que

$$\frac{50}{20} = 2^{t.}5,$$

soit deux tours et demi par minute.

Et comme ils portent 48 cannelures ou 48 bougies sur la circonférence entière, on voit que le nombre de bougies rognées est de

$$2.5 \times 48 = 130,$$

soit par heure

$$60 \times 130 = 7800;$$

ce qui correspondrait à un chiffre de plus de 100,000 bougies par journée de 13 heures, en admettant qu'il n'y ait aucun temps perdu et que la marche soit constante et régulière.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A POLIR LES BOUGIES, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 9 A 11, PL. 38.

On sait que les bougies, avant d'être livrées au commerce, doivent être bien lisses et brillantes sur toute leur surface ; et pour cela on a le soin de les frotter avec des tampons de laine ou de flanelle dans le sens de leur longueur ; dans certaines fabriques ce travail se fait encore à la main, par des femmes ou des enfants ; dans d'autres on applique les procédés mécaniques.

Tel est l'appareil exécuté par M. Daviron et représenté en élévation sur la fig. 9, en plan sur la fig. 10, et en coupe transversale sur la fig. 11.

Il consiste en un frottoir proprement dit A, qui se compose d'une planchette en bois que l'on a garnie en dessous de plusieurs épaisseurs de drap ou de flanelle, afin de former une sorte de coussin élastique assez fortement comprimé.

On imprime à ce frottoir un mouvement de va-et-vient dans le sens transversal, suivant lequel les bougies *b* viennent se présenter, en arrivant du plan incliné P où on les apporte, entre les deux chaînes sans fin C, qui marchent très-lentement. Ce mouvement est produit par les deux bielles en fer B, B′, qui s'assemblent d'un bout aux deux tourillons *t*, ménagés aux extrémités du tampon, et de l'autre, aux boutons *u* encastrés dans l'un des bras des volants V, V′, qui leur servent de manivelles.

Les chaînes sans fin sont reliées entre elles par des barrettes parallèles en fer *a*, qui forment leurs goujons d'assemblage et que l'on a mises assez rapprochées pour ne laisser que la place nécessaire aux plus grosses bougies. Elles passent sur une table fixe et horizontale D, garnie également de drap ou de flanelle, afin de supporter les bougies pendant qu'elles sont frottées et amenées du premier plan P au second plan E formant auge, d'où elles sont prises par des enfants et immédiatement empaquetées.

Les barrettes *a*, qui réunissent les maillons des deux chaînes, dépassent ceux-ci d'une certaine quantité, afin de leur servir d'axes, et passent sur la circonférence des petites roues cannelées F, portées par les deux axes en fer *c*, qui leur transmettent le mouvement de rotation.

A cet effet, l'un de ces axes porte, à l'une de ses extrémités, la roue droite dentée G, qui engrène avec un très-petit pignon droit, rapporté au bout d'un arbre parallèle *d*, commandé lui-même par la courroie *e* qui se passe sur les deux poulies H, H′. Cette dernière est ajustée à l'extrémité de l'arbre de couche I, lequel reçoit sa rotation de l'axe moteur *f* par la paire de roues d'angle J, J′. C'est sur cet axe moteur *f* que l'on a monté, d'une part les poulies K, K′ (dont l'une est fixe et l'autre folle), et d'une autre part, à chaque extrémité, les deux volants en fonte à manivelles V, V′, qui font marcher le frottoir.

Afin que la course de celui-ci puisse être changée à volonté, selon la longueur des bougies à polir, on varie la place des goujons ou des boutons *u* qui relient leurs bras aux deux bielles B, B′; ces bras sont percés pour cela, de plusieurs trous, à différentes distances du centre, et les bielles elles-mêmes sont chacune en deux pièces, réunies vers le milieu par un boulon à coulisse *g*, pour mettre leur longueur en rapport avec la course.

Tout l'appareil est monté soit sur des bâtis en charpente réunis par des boulons à écrous, soit sur quatre châssis en fonte, dont deux L, L′ servent principalement à recevoir les paliers et supports des premiers mouvements, et les deux autres M, M′, disposés dans une direction perpendiculaire à celle des précédents, supportent les tables et les chaînes sans fin. On consolide ces châssis par des traverses en fonte et des entretoises en fer *h* et *h′*, qui maintiennent leur parallélisme, et on boulonne au besoin les deux paires par des oreilles venues de fonte ou par des pattes rapportées.

Quand les bougies sont d'une longueur moindre que l'écartement qui

existe entre les deux chaînes sans fin, il est bon de placer en dedans de celles-ci des espèces de réglettes en bois, qui les retiennent sur les bouts, afin que dans le frottement qu'elles éprouvent par le tampon, elles ne soient pas entraînées dans le mouvement alternatif imprimé à celui-ci. Leur contact seul sur la table garnie de flanelle, pendant la marche lente et régulière des deux chaînes, les oblige naturellement à tourner sur elles-mêmes, au fur et à mesure qu'elles sont frottées; de sorte que, pendant tout le parcours qu'elles ont à faire du premier plan incliné P, jusqu'au second E, elles ont subi bien des fois l'action du frottoir auquel on a donné, à cet effet, une longueur de près de trois quarts de mètre.

Ainsi, en admettant que la vitesse rotative de l'arbre moteur soit de 120 révolutions par minute, le frottoir donnera dans ce temps, en allant et en revenant sur lui-même :

$$120 \times 2 = 240 \text{ coups}$$

$$\text{ou } 240 \div 60 = 4 \text{ coups par seconde.}$$

Or, comme par le rapport des engrenages la roue G, et par suite les axes des deux paires de roues cannelées qui font marcher les chaînes sans fin, vont 20 fois moins vite,

$$\text{soit } 120 \div 20 = 6 \text{ tours.}$$

Et comme le diamètre de ces roues n'est que de $0^{m}105$ au centre des tourillons, ce qui correspond à une circonférence de

$$3.1416 \times 0.105 = 0^{m}330,$$

l'avancement des chaînes et par suite des bougies est de

$$0,330 \times 6 = 1^{m}980 \text{ par } 1',$$

$$\text{soit } 1.980 \div 60 = 0^{m}030 \text{ par } 1''.$$

Le tampon ayant environ $0^{m}660$ de longueur, sur la partie frottante, chaque bougie se trouve en contact avec lui, pendant l'espace de

$$0^{m}660 \div 030 = 20 \text{ secondes,}$$

et reçoit par conséquent $20 \times 4 = 80$ coups de frottoir, à son passage momentané à l'appareil, sans compter le glissement de la tablette où elle est forcée de se promener d'un bout à l'autre, depuis le premier jusqu'au second plan incliné.

AGRICULTURE.

MACHINES A BATTRE LES GRAINS

SYSTÈME DE BATTEUR DE M. LORIOT,

MÉCANICIENS A BELLEVILLE.

APPAREIL A COURSIER VARIABLE

SYSTÈME ANGLAIS.

(PLANCHE 39.)

Les machines à battre les grains commencent à se répandre en France, malgré cette espèce de routine et de préjugé qui les avait fait rejeter, pendant longtemps, dans certaines contrées. Et maintenant il est peu d'exploitations agricoles d'une certaine importance qui n'aient pas une *batterie*. Il est vrai qu'on est arrivé aujourd'hui à construire ces appareils dans des conditions beaucoup plus avantageuses qu'on ne l'avait d'abord fait dans l'origine, soit parce qu'on sait mieux proportionner les dimensions des pièces principales, soit parce qu'on les dispose plus convenablement pour moins briser la paille, pour faire plus de travail, ou pour dépenser moins de force motrice.

Déjà, dans le III[e] volume de ce Recueil, nous avons publié deux systèmes opposés de batteurs mécaniques, c'est-à-dire l'un à grand tambour, et par suite à battes multipliées, et l'autre à tambour réduit, portant peu de battes. C'est ce dernier système qui paraît avoir prévalu généralement, car la plus grande partie, pour ne pas dire tous les constructeurs qui s'occupent de ce genre de machines, ont adopté les tambours à petit diamètre. Ils ont, en effet, l'avantage d'occuper moins de place, d'être beaucoup plus légers, et comme ils peuvent, en définitive, marcher à des vitesses bien plus considérables, ils permettent de produire plus dans le même temps.

On donne aussi maintenant à ces tambours une grande longueur, afin

de pouvoir passer les gerbes de blé, dans le sens longitudinal, au lieu de les passer en travers, comme on le faisait auparavant. Cette disposition est plus rationnelle et plus avantageuse, parce que la paille est notablement mieux conservée, moins brisée, moins cassée, et peut encore très-bien servir en sortant de la machine.

En faisant l'axe, les bras et les cercles du tambour en fer réduit aux plus rigoureuses dimensions, et les battes en bois et garnies simplement de plates-bandes en tôle, on rend le batteur extrêmement léger, et on peut le faire tourner, par cela même, à des vitesses de 800, 900 et 1000 révolutions par minute, sans aucune difficulté, avec la force de 2 à 3 chevaux vivants ou de 2 à 3 bœufs attelés à un manége, pour un travail constant et suffisamment régulier, de 8 à 10 heures par jour, s'il est nécessaire.

Plusieurs mécaniciens, pour réduire autant que possible les frottements de l'axe tournant, font porter les tourillons de celui-ci sur des galets d'un certain diamètre, au lieu de les faire mouvoir sur des coussinets en bronze, comme les arbres de couche ordinaires. Mais on sait que pour qu'une telle application soit réellement bonne, il est indispensable que les galets soient parfaitement bien montés, qu'ils ne puissent se déranger ni se défoncer, et qu'ils tournent toujours très-librement dans des plans perpendiculaires à l'axe; quand ces conditions ne sont pas remplies, que la circonférence s'use inégalement, ou qu'il y a la moindre déviation, le résultat n'est plus le même; il peut devenir plus défavorable et occasionner plus de dépense en force motrice et en entretien que le mode ordinaire le plus simple.

A notre point de vue, avec des coussinets bien faits, avec des tourillons larges de portée, et réduits autant que possible en diamètre, on a plus d'avantage, plus de sécurité et moins de dérangement. Aussi, nous conseillons ce mode, en recommandant surtout l'emploi de paliers graisseurs, c'est-à-dire de coussinets qui tiennent les tourillons constamment baignés d'huile.

Un grand perfectionnement, qui nous semble utile dans ces batteurs, c'est l'application de ressorts sous les coussinets, permettant au tambour de se soulever d'une certaine quantité au-dessus du contre-batteur, lorsqu'il rencontre une pierre ou un corps dur quelconque faisant obstacle, parce qu'alors on ne risque pas de briser quelques parties de la machine, comme cela se présente avec les tambours fixes.

En général, on dispose le coursier et le contre-batteur proprement dit, de manière à pouvoir régler à volonté son écartement, soit d'un bout, soit de l'autre, par rapport aux battes du tambour.

Enfin l'appareil est le plus souvent accompagné d'un crible et d'un ventilateur, afin de compléter l'opération du battage par une espèce de nettoyage préalable qui donne réellement plus de valeur, plus de vente aux grains.

En décrivant la machine de M. Loriot, qui s'est fait une spécialité dans ce genre de construction, nous allons faire voir les améliorations essentielles que ces sortes d'appareils ont subies depuis quelques années. Nous décrirons de même le système anglais, que nous avons eu l'occasion de voir à l'Exposition de Londres, où de telles machines se sont trouvées en très-grand nombre.

Mais nous nous proposons de continuer cet article dans le xe volume, en publiant alors quelques-uns des meilleurs systèmes envoyés à notre Exposition universelle, soit par les mécaniciens français, soit par des fabricants étrangers, et particulièrement les appareils portatifs ou locomobiles, ayant leur moteur à manége ou à vapeur.

C'est ainsi que nous parlerons des machines de M. Lotz, de Nantes, de M. Duvoir, de Liancourt, de M. Damey, de Dôle, de M. Cuming, d'Orléans, et d'autres encore.

DESCRIPTION DE LA MACHINE A BATTRE, DE M. LORIOT, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 1 A 7, PL. 39.

Cette machine est disposée pour être établie à demeure, et mise en mouvement à l'aide d'un moteur quelconque; mais ses proportions sont telles qu'elle peut être aussi mue par un manége avec deux ou trois chevaux, au maximum.

Elle comprend le batteur proprement dit, ou le tambour à battes avec son contre-batteur, plus un tarare qui nettoie les grains de façon qu'ils puissent être immédiatement ensachés à la sortie de l'appareil.

La fig. 1 représente une coupe verticale de l'ensemble du mécanisme, faite perpendiculairement à l'axe du batteur.

La fig. 2 est une section verticale du cylindre batteur suivant son axe.

La fig. 3 est une vue extérieure du bâti principal, avec la disposition de la commande.

Les fig. 4 à 7 sont des détails de quelques parties spéciales du mécanisme.

MARCHE DE L'APPAREIL. — Les organes principaux sont le cylindre-batteur A, qui est un tambour léger composé de battes en bois B, fixées à trois croisillons C, et le contre-batteur D, qui enveloppe le tambour A sur un quart environ de sa circonférence.

L'opération du battage consiste, comme à l'ordinaire, à engager le blé en gerbe entre les rouleaux alimentaires E et E′, d'où il est entraîné par la vitesse du cylindre A, et froissé entre lui et le contre-batteur D, qui est fixe, et formé d'un certain nombre de douves en fonte F, garnies de nervures contre lesquelles les épis se heurtent dans leur mouvement.

L'action des battes B, combinée avec la résistance de ces nervures, a pour résultat de séparer les grains de l'épi ou de la paille; mais les uns et les autres sont projetés simultanément, par la vitesse de rotation, en dehors

du contre-batteur, et viennent tomber sur le crible G placé au-dessus de la trémie du tarare.

Le crible G est suspendu par quatre courroies *a*, et reçoit un mouvement horizontal de va-et-vient par une bielle *b* dont la tête est montée sur un bouton excentré *c* faisant partie d'un petit arbre spécial mis en mouvement par les autres parties du mécanisme ; il résulte du mouvement oscillatoire du crible un grand nombre de vibrations qui séparent le grain de la paille à laquelle il se trouve mélangé ; le grain tombe alors sur la fonçure du crible qui est en tôle pleine dans la première moitié de sa longueur, et percée de trous dans la partie située directement au-dessus de la trémie H, dans laquelle il s'écoule, tandis que la paille continue son chemin et est reçue finalement sur le plan incliné I.

L'action du tarare est la même qu'à l'ordinaire. Cet instrument se compose toujours d'un crible ou tamis J, qui a pour objet de séparer la graine des corps étrangers et du ventilateur K, qui chasse la menue paille. Le crible J reçoit son mouvement vibratoire de la bielle *d*, qui est assemblée de la même façon que ci-dessus avec l'arbre du ventilateur.

La graine qui passe à travers le crible tombe dans un auget en tôle *e* qui la conduit au dehors où elle peut être reçue dans un sac ; les pierres ou autres corps étrangers plus gros que les graines tombent au bout du crible J en dehors de l'auget *e*. On peut remarquer que le constructeur a placé à la sortie du vent une trappe ou registre *f* que l'on règle à volonté au moyen d'une corde *g*, qui s'enroule autour d'un rouleau *h*.

Comme l'opération du battage donne naissance à beaucoup de poussière, il est nécessaire que l'ensemble du mécanisme soit, autant que possible, enveloppé et enfermé en quelque sorte dans une boîte en menuiserie ; c'est en effet ce qui a lieu ici : mais il faut néanmoins lui donner une issue au dehors pour éviter que la machine ne s'engorge, ce qui arriverait très-promptement.

On a disposé à cet effet une cheminée d'appel L, qui s'élève jusqu'à la partie supérieure de la toiture du bâtiment ou de la grange dans laquelle se trouve la batterie ; le vent produit par la rotation du cylindre batteur A est assez puissant pour chasser une partie de la poussière par cette cheminée et la renvoyer extérieurement, même à une hauteur de plusieurs mètres.

Ces opérations dans leur ensemble sont donc à peu près les mêmes que dans les anciennes machines (celles du moins qui ont été le plus employées) : les perfectionnements qui en ont fait des machines commodes et facilement applicables résident, ainsi que nous l'avons dit, dans la construction et la forme particulière des principales pièces. Nous allons essayer d'en donner une idée en les décrivant séparément.

DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES PIÈCES.

CYLINDRE BATTEUR A. — Le point important de sa structure est sa légèreté. Le constructeur s'est appliqué à en diminuer le poids autant qu'il a été possible de le faire, et cette condition est indispensable pour économiser la force employée à mettre en mouvement un cylindre à jour qui fait jusqu'à 800 tours à la minute.

L'arbre *i*, qui porte les croisillons C, n'a pas plus de 30 mill. de diamètre; il est monté, par l'une de ses extrémités, sur une pointe taraudée dans un support *i'*. L'autre extrémité repose sur deux galets *j*, libres sur leurs centres et remplaçant un palier avec ses coussinets.

On sait que ce mode de roulement, très-défectueux lorsqu'il s'agit d'axes pesants, peut donner de bons résultats dans certains cas, et peut fonctionner longtemps sans que l'usure se manifeste de façon à nuire au résultat.

Cet arbre est donc suspendu de manière à ne donner qu'une faible résistance au roulement.

Les trois croisillons C sont formés chacun d'une bande de fer méplat de 2 millimètres d'épaisseur sur 25 à 30 millim. de largeur, et qui forme la couronne; elle est reliée au moyeu par six tringles également en fer de 10 millim. de diamètre environ, rivées à leurs extrémités.

Les battes B sont des tringles en bois blanc, par conséquent très-légères, ayant une section transversale de 35 millim. de large, sur 25 millim. d'épaisseur; elles sont garnies, seulement sur le bord qui travaille, d'une bande de tôle mince *k*, pour les garantir de l'usure et des éclats. Ces tringles sont fixées à la circonférence des croisillons par de petits boulons, qui peuvent se démonter facilement lorsqu'on veut remplacer les battes, ou en diminuer le nombre suivant l'espèce de graminée que l'on soumet au battage.

CONTRE-BATTEUR D. — Le contre-batteur est maintenu à une distance de quelques millimètres seulement du cylindre A. Il doit lui être concentrique et occuper une position invariable tant que les opérations se font régulièrement. Mais il arrive souvent que des corps étrangers se trouvent mêlés aux gerbes, ou bien que celles-ci sont émises en épaisseurs trop considérables pour l'espace qui leur est réservé; alors, dans les deux cas, il est nécessaire, pour éviter des ruptures, qu'il existe une certaine élasticité entre les positions relatives du batteur et du contre-batteur.

MM. Duvoir et Loriot, qui se sont occupés spécialement de la construction de ces machines, ont imaginé plusieurs dispositions pour arriver à mobiliser en temps voulu le batteur ou le contre-batteur, de façon à les rendre flexibles lorsqu'un corps plus gros que l'intervalle qui les sépare se présente au passage.

Le système que M. Duvoir a appliqué à un grand nombre de ses ma-

chines, et qui lui a donné des résultats très-appréciés des fermiers, consiste dans la mobilisation du cylindre-batteur, dont l'une des extrémités de l'arbre tourne dans un palier, fixé au levier d'une balance à ressort; l'autre extrémité portant la poulie de commande repose sur des galets comme dans la machine que nous décrivons actuellement.

Il en résulte que le cylindre-batteur peut se soulever d'une certaine quantité, mais angulairement, c'est-à-dire que le côté de la commande, d'ailleurs maintenu par la tension de la courroie, reste fixe.

Dans un nouveau modèle, envoyé par cet habile constructeur à l'Exposition universelle, on remarque à ce sujet une disposition extrêmement heureuse que nous ne manquerons pas de faire connaître et qui doit donner les meilleurs résultats.

M. Loriot rend au contraire le contre-batteur variable en le suspendant également, mais de chaque bout, sur des bascules à ressorts.

Il se compose, ainsi que l'indique le dessin, de deux arcs en bois *l* concentriques avec le cylindre A, reliés par des traverses parallèles aux génératrices du même cylindre; sur ces deux arcs on fixe, au moyen de vis, les segments de grilles F, dont la fig. 4 est une section transversale.

L'ensemble du contre-batteur est suspendu sur quatre tringles *m* qui se rattachent par leurs extrémités supérieures à un même nombre de leviers *n* montés à l'extérieur des bâtis M sur deux axes *o*. Chacun de ces leviers *n* représente le fléau d'une balance et correspond à un fort ressort à boudin *p*.

La fig. 6 est une section faite suivant la ligne 1-2 de la fig. 3, indiquant cette disposition pour l'un des bouts de la machine.

La fig. 7 est une seconde section suivant 3-4, passant par l'axe de l'un de ses ressorts *p*.

On voit que, d'après cette disposition, le contre-batteur peut céder sous un effort anormal, en forçant les ressorts *p* à s'allonger, en raison du tirage que les tringles *m* exercent dans ce cas sur les leviers *n*. Les vis buttantes *q* servent à arrêter ces leviers et à régler en même temps l'espace réservé entre le cylindre A et le contre-batteur D.

Nous avons dit que le contre-batteur occupait environ un quart de la circonférence du tambour mobile A : mais c'est sa grille F qui a réellement cette étendue, et qui correspond en effet au temps de l'action; la partie enveloppée est un peu plus grande en raison du prolongement D′, qui n'a d'autre objet que de conduire le grain et la paille sur le crible G, dont la position élevée permet ici de réduire la hauteur totale de la batterie et de son tarare.

On pourrait, ainsi que cela se fait dans d'autres machines analogues, incliner la partie du prolongement D′ à 45° en contre-bas sans que le résultat s'en trouvât modifié autrement que d'abaisser le tarare d'une quantité correspondante.

En somme, le développement du contre-batteur par rapport au tambour

mobile n'a pas de limites bien déterminées, car il diffère notablement dans les divers systèmes de machines en usage, et donne néanmoins des résultats satisfaisants.

COMMANDE ET MONTAGE. — La commande a lieu au moyen de courroies. L'arbre *i* du tambour A est prolongé du côté des galets *j*, et reçoit la poulie qui lui transmet le mouvement du moteur. Il donne ensuite le mouvement à l'axe des bielles *b* et au ventilateur K par une même courroie N passant sur les poulies O et P, et sur une troisième placée sur l'axe des palettes du ventilateur.

Le même arbre *i* commande l'un des rouleaux alimentaires E par la courroie Q et les poulies R et S.

Le second alimentaire E′ ne tourne que par friction ; il est monté librement dans deux supports oblongs *r*, fixés au couvercle M′.

Les cylindres alimentaires sont en bois et traversés par un axe en fer; leur surface cylindrique est recouvérte d'une tôle mince pour les préserver d'une usure trop prompte.

Toutes ces pièces sont fixées à deux bâtis en fonte M, et le tout est garni d'une enveloppe en menuiserie qui se prolonge latéralement jusqu'à l'extrémité du cribleur G; on a eu le soin de tenir la partie supérieure fermée jusqu'au delà de la cheminée L, par une tôle cintrée *s*, contre laquelle une partie du grain se projette et retombe ensuite sur le cribleur G.

Il est nécessaire, pour que le tarare soit adhérent à la batterie, que cette dernière soit montée sur un faux plancher T, élevé de $1^{m}50$ à 2 mètres au-dessus du sol de la grange. L'ouvrier qui conduit la machine se tient sur le plancher et dispose les gerbes sur la table U, qui s'avance contre le rouleau alimentaire E, un peu au-dessus de son centre.

VITESSE DE LA MACHINE. — Nous avons dit qu'on pouvait donner au tambour batteur une vitesse de 800 tours par minute, sans dépasser la force de 2 chevaux attelés à un manége, et que ce résultat était obtenu à la condition de donner aux pièces mobiles une grande légèreté.

On a pu voir qu'en effet le diamètre des axes et le poids du cylindre lui-même sont extrêmement réduits.

Il sera facile de calculer les vitesses que possèdent les parties travaillantes par l'examen de leurs dimensions et de celles des poulies qui les commandent.

Le cylindre batteur A ayant 750 millimètres de diamètre et faisant 800 révolutions par minute, les battes B parcourent la surface du contre-batteur D avec une vitesse linéaire V par seconde que l'on trouve, ainsi qu'à l'ordinaire, par la relation suivante :

$$V = \frac{0{,}750 \times 3{,}1416 \times 800}{60} = 31^{m}416$$

soit moyennement une vitesse de 30 mètres par seconde.

Les cylindres alimentaires E et E′ sont d'un bien moindre diamètre et

font aussi moins de tours : leur vitesse à la circonférence est par conséquent beaucoup plus petite.

Les poulies R et S qui les font mouvoir ont 180 et 200 millimètres, celle R étant sur l'axe du batteur fait comme lui 800 tours. Celle S et par conséquent les alimentaires font

$$800 \times \frac{18}{20} = 720 \text{ révolutions par } 1'.$$

Comme leur diamètre égale 150 millimètres, la vitesse à leur circonférence devient

$$v = \frac{0,150 \times 3,1416 \times 720}{60} = 5^{m}655.$$

C'est donc une vitesse environ 5 à 6 fois moindre que celle du batteur, d'où il résulte qu'il ne se présente à la fois qu'une faible quantité de paille à son action, qui, par cela même, est en raison de cela beaucoup plus énergique et plus efficace.

Quant au cribleur G, on peut voir par la poulie P, qui met en mouvement la bielle *b*, qu'il donne 6 à 700 oscillations doubles par minute.

Avec une telle machine, on peut battre et nettoyer 100 à 120 gerbes de blé à l'heure, soit environ 80 à 100 hectolitres de grain par jour; deux personnes suffisent pour la conduire et l'alimenter.

Le constructeur peut la livrer au prix de 1,800 francs avec le manége fixe et toute la transmission de mouvement nécessaire. Cette maison, s'occupant de cette spécialité depuis un grand nombre d'années, de père en fils, en a fourni plusieurs centaines à l'agriculture française.

Ce prix est aussi celui de M. Duvoir, de Liancourt, et de M. Cuming, qui l'a imité à Orléans.

DESCRIPTION DE LA MACHINE ANGLAISE A COURSIER VARIABLE, REPRÉSENTÉE SUR LES FIG. 8 A 15.

Parmi les nombreuses machines à battre que nous avons pu voir à l'Exposition de Londres, en 1851, nous avons remarqué particulièrement celle-ci dont la construction originale mérite un examen spécial.

Nous l'avons représentée en coupe verticale et longitudinale fig. 8, et en section horizontale suivant la ligne brisée 5-6-7, fig. 9. Les figures suivantes en sont des pièces détachées et dessinées sur une plus grande échelle.

Le premier caractère distinctif de cette machine est la forme du contre-batteur B qui enveloppe le batteur A sur environ les 2/3 de sa circonférence, et qui peut s'en éloigner ou s'en rapprocher d'une certaine quantité, suivant l'espèce de grains soumise au battage. Ce mouvement ou plutôt ce déplacement s'effectue à l'aide de deux plateaux C dans lesquels se trouve

pratiquée une rainure en spirale *a* ; les douves D sont engagées par leurs extrémités dans cette rainure, et lorsqu'on veut modifier la distance qui les sépare du batteur A, on agit au moyen d'une clef sur le carré de l'axe *b* qui porte deux pignons *c*, engrenant avec les cercles dentés *d* dont chacun des plateaux C est muni.

Ceux-ci sont montés sur quatre galets *e* qui leur permettent de tourner facilement sur eux-mêmes ; et comme les deux douves extrêmes D′ sont arrêtées par des broches fixes *f*, le contre-batteur entier ne peut pas tourner, et ne fait que changer de rayon et par conséquent de grandeur suivant la forme des rainures *a*.

Les fig. 10 et 11 représentent en vue de face par moitié, et en section horizontale, l'une des couronnes C.

Les fig. 12, 13 et 14 sont des vues de détails de l'une des douves D.

On voit qu'on a eu le soin de leur réserver une nervure intérieure *g* dont la fonction est de retarder la sortie de la paille et de rendre le battage plus complet.

La construction du tambour-batteur est différente de ce que nous venons de voir précédemment. Il se compose d'un axe en fer *h* portant quatre platines en fonte *i* (fig. 8 et 9) auxquelles sont fixés quatre bras en bois *j* qui servent à réunir les traverses F.

Ce sont ces dernières qui agissent sur les gerbes ; elles sont garnies de lames de fer pour les rendre plus résistantes.

On a conservé ici le système de battage où les gerbes sont engrenées perpendiculairement à l'axe du tambour mobile. On les dispose sur la table E, d'où elles sont immédiatement saisies par les barres ou battes F du cylindre A. La suppression des rouleaux alimentaires a permis de donner au contre-batteur un développement plus considérable qu'à l'ordinaire.

A la sortie du coursier B la paille et le grain sont projetés contre la paroi *k*, d'où ils retombent pêle-mêle sur une grille horizontale dont les barres G sont mobiles et les secouent pour en opérer la séparation.

Ces barres sont des châssis étroits garnis d'un grillage ou de tôle percée ; leur extrémité opposée au batteur est supportée par un petit levier vertical *l*, monté sur un axe rond et fixe de façon à permettre un mouvement oscillatoire horizontal. Ce mouvement leur est effectivement donné par un arbre H, qui possède autant de coudes qu'il y a de grillages ou de barres mobiles G, lesquelles s'y trouvent rattachées par les tiges verticales *m*.

La fig. 15 représente en détail une portion de cet arbre coudé.

Commande et montage. — Cette machine est aussi disposée pour marcher par un manége ou un moteur à vapeur indépendant.

L'axe *n* de la roue I communique directement avec le moteur au moyen d'un embrayage et possède déjà une vitesse considérable ; la roue I commande le pignon J monté sur l'axe *h* du batteur A ; les vitesses relatives de ces arbres sont comme 1 : 6,5.

Le même arbre *n* transmet le mouvement à l'arbre coudé H, par les deux poulies à gorge K et L, simplement réunies par une corde *o*.

La construction d'ensemble de la machine fait voir qu'elle est destinée à être transportée, pour fonctionner au besoin dans diverses localités ; c'est aussi la cause qui fait que les batteries de ce genre n'ont point de tarare : attendu que cet instrument ne peut pas être autrement placé qu'en contre-bas de la batterie, ce qui rend alors la machine nécessairement élevée.

Le bâti M de celle-ci est d'une très-bonne forme et très-solide de construction. Il se compose d'une charpente en bois de 10 centimètres d'équarrissage, assemblée à tenons et mortaises et boulonnée. Les vides sont garnis de panneaux en bois, de façon que le mécanisme principal est complètement enfermé.

On peut remarquer que les quatre poteaux principaux sont munis de galets ou roulettes *p*, pour faciliter le déplacement de la machine.

La personne chargée de l'alimentation se place dans l'espèce de caisse ou de boîte en bois N, qui se trouve en avant du tambour-batteur, au-dessus des grillages mobiles.

Disons, en terminant cette description, que les quelques machines à battre, envoyées à notre Exposition de Paris par les constructeurs anglais, sont construites avec un soin particulier, ce sont réellement de vrais modèles de luxe; on remarque dans certaines jusqu'aux bois polis et vernis. Il en est de même des machines américaines.

Les machines françaises, quoique d'ailleurs également bien faites, ne présentent pas le même coup d'œil ; elles paraissent réellement mieux ce qu'elles doivent être en effet, des appareils devant fonctionner dans des granges et presque constamment à la poussière.

Plusieurs de nos constructeurs qui ont acquis une juste réputation, en France, dans ce genre de machines, sont arrivés à les livrer à des prix très-réduits.

Ainsi, M. Damey fournit des batteurs portatifs à manége montés sur quatre roues, à raison de 1000 fr. Le poids total de ces appareils est d'environ 1400 kilogrammes; ils battent 60 à 110 gerbes de blé à l'heure.

Les batteurs à manége, portés sur deux roues, de M. Lotz aîné, sont cotés 950 à 1100 fr., et battent 60 à 120 hectolitres par jour.

Les machines à battre locomobiles, marchant par la vapeur, coûtent 3500 à 4200 fr., suivant leur force de 2 à 3 chevaux, et leur travail est de 150 à 250 hectolitres par jour. Le même constructeur livre des appareils moins important, à bâtis en bois, à raison de 750 à 800 fr.

MM. Renaud et Lotz font aussi des machines à battre portatives de 750 à 900 fr., et des locomobiles de différentes puissances pour 3 à 4000 fr.

SUCRERIES ET RAFFINERIES.

CHAUDIÈRE D'ÉVAPORATION

A TRIPLE EFFET,

Perfectionnée par MM. CAIL et Ce,

CONSTRUCTEURS DE MACHINES A PARIS, A DENAIN, A BRUXELLES, ETC.

(PLANCHE 40.)

Les personnes qui ne connaissent pas les ateliers de MM. Cail et Ce peuvent avoir quelque idée de l'importance de cette vaste maison de construction, en voyant à l'Exposition de cette année la quantité d'appareils, de machines et d'outils qu'ils y ont envoyés et qui se trouvent répandus dans diverses parties de la grande galerie annexe du Palais de l'industrie. Ce sont de grands appareils pour les sucreries et pour les distilleries, des chaudières d'évaporation, des toupies ou appareils centrifuges, des roues de wagons, une locomotive, des outils, une soufflerie horizontale, des moteurs à vapeur, et bien d'autres machines qui sont toutes parfaitement exécutées (1).

Leurs établissements, dont l'ensemble est plus considérable que tout ce qui existe en ce genre, non-seulement en France, mais même en Europe, sont à Chaillot, à Grenelle près Paris, à Denain, à Bruxelles, à Anvers, etc. Après avoir adopté une spécialité très-importante et très-avantageuse, celle relative à la construction des appareils de sucrerie et de raffinerie de sucre, dans laquelle ils sont toujours restés en première ligne, ces habiles constructeurs se sont adonnés à la confection des machines-locomotives, en se plaçant immédiatement pour ainsi dire au premier rang, puis à l'exécution des machines à vapeur pour usines et fabriques, des machines soufflantes et des machines-outils de grandes dimensions où ils excellent également.

(1) L'importance des machines exposées par MM Cail est telle, que la valeur s'en élève à plus de 500,000 fr.

Nous avons eu l'avantage de publier déjà plusieurs appareils fournis à l'industrie par cette importante maison, comme par exemple les chaudières à double effet avec le condenseur à tubes pour les sucreries, la locomotive à grande vitesse (système Crampton), le générateur à retour de flammes, la presse monétaire, etc. Nous allons faire connaître aujourd'hui la chaudière évaporatrice, dite à triple effet, perfectionnée par M. Cail, et en usage dans plusieurs fabriques de sucre.

Cet appareil a été, comme nous l'avons dit dans le *Génie industriel*, imaginé par un Français, M. Rillieux, qui l'a importé aux États-Unis vers 1840; mais il a été notablement amélioré dans sa construction par la maison Cail, comme on peut le voir par les modèles qu'elle a envoyés à l'Exposition.

Le principe des évaporations à double et à triple effet, c'est-à-dire en utilisant successivement deux et trois fois les vapeurs produites par des liquides bouillant utilement et se concentrant mutuellement pour ainsi dire, ce principe, disons-nous, étant connu, il restait à exécuter un appareil rationnel quant à ses surfaces de chauffe et à ses dispositions pour l'application dudit principe.

L'appareil de M. Cail résout ce problème d'une manière complète.

Par ses observations, l'auteur est arrivé à la détermination des principes suivants, qui doivent, dit-il, présider à la construction de tout appareil d'évaporation à effets multiples :

1° En supposant une chaudière d'évaporation dont la surface de chauffe soit représentée par 1, contenant un liquide bouillant sous la pression de l'atmosphère, et chauffée, soit à feu nu soit à la vapeur à haute ou à basse pression, cette chaudière produira de la vapeur saturée à 100 degrés centigrades de température.

2° Une seconde chaudière, contenant aussi du liquide à concentrer, mais opérant en vase clos et dans le vide, pourra être chauffée convenablement par la vapeur provenant de l'évaporation de la première chaudière, si cette deuxième chaudière présente à la vapeur une surface de chauffe représentée par 5, et si le vide est entretenu à 60 centimètres dans cette chaudière, ce qui correspond à une température de 65 degrés centigrades pour son ébullition et pour la vapeur qui s'en échappe.

3° Une troisième chaudière, contenant aussi du liquide à concentrer, et opérant dans le vide, sera convenablement chauffée par la vapeur provenant de l'ébullition de la deuxième, si cette troisième chaudière présente une surface de chauffe représentée par 20, et si le vide y est entretenu à 70 centimètres, ce qui correspond à une température d'ébullition de 45 degrés centigrades.

Dans cette disposition, la deuxième chaudière sert évidemment de condenseur à la vapeur qui s'échappe de l'ébullition de la première, et la troisième sert de condenseur à la vapeur de l'ébullition de la seconde.

Quant à cette troisième, son condenseur peut être un condenseur à

injection d'eau ordinaire, ou même un condenseur évaporatoire à tuyaux, ce qui constituerait un quatrième effet évaporatoire, à la condition de présenter une surface immense. A ces condenseurs, de système quelconque, doit toujours être jointe une pompe à air puissante; cette pompe aura communication avec les dégagements des chaudières n° 1 et n° 2, pour extraire l'air ou les gaz que leurs vapeurs pourraient contenir.

Ainsi, pour nous résumer, la première chaudière ayant pour surface 1, la deuxième 5, et la troisième 20, on aura un appareil dont toutes les parties seront coordonnées de façon à n'éprouver jamais d'encombrement.

DESCRIPTION DE L'APPAREIL A CHAUDIÈRES HORIZONTALES, REPRÉSENTÉ DANS LA PLANCHE 40, FIG. 1, 2 ET 3.

La fig. 1 est une élévation de l'appareil vu de face et coupé en partie transversalement aux chaudières.

La fig. 2 en est un plan avec coupe horizontale partielle.

La fig. 3 est une section longitudinale faite par l'axe de l'une des chaudières.

La première chaudière à évaporer A, de forme cylindrique, est placée horizontalement; cette chaudière est traversée par des tubes en cuivre horizontaux, comme cela a lieu dans les chaudières de locomotives; elle est garnie d'une enveloppe en bois, le constructeur ayant remarqué que, bien que la température ne soit pas très-élevée dans ces chaudières, le contact de l'air ambiant sur la tôle dont elles sont composées produit encore une certaine condensation.

Une deuxième chaudière B, semblable à la première, est placée à côté d'elle, puis une troisième C, semblable aux deux précédentes.

Chacune de ces chaudières est, comme le montre le plan, montée sur des supports *r* et surmontée d'un dôme terminé par un trou-d'homme, lequel sert à s'introduire dans la chaudière pour le nettoyage des tuyaux ou pour les réparations.

Un tuyau *a* est destiné à amener à la chaudière A les vapeurs perdues de la fabrique, provenant des échappements des diverses machines à vapeur, des retours d'eau des chaudières de défécation et de clarification dans les sucreries et raffineries, enfin, de tous les appareils ou machines qui, dans tous les établissements, après leur fonctionnement, laissent échapper des vapeurs non condensées.

Toutes les vapeurs sont amenées des différentes parties de la fabrique dans un réservoir commun, en tôle, en cuivre ou en fonte, hermétiquement fermé, et sur ce vase le tuyau *a* se trouve appliqué pour servir de dégagement et alimenter la chaudière A.

Une colonne a', jointe à la chaudière A, porte une soupape dans la partie supérieure pour donner accès à la vapeur du tuyau *a* dans le compartiment a^2, en avant de la chaudière, et communiquant lui-même avec

les tuyaux de chauffage horizontaux qui se trouvent dans cette dernière et qui sont rendus apparents dans les chaudières B et C (fig. 1 et 3).

Une colonne à soupape *b*, jointe à la chaudière A, communique au compartiment *b'* en avant de cette chaudière, lequel compartiment reçoit la vapeur provenant des liquides en ébullition dans la chaudière.

Une capacité, ou vase de sûreté D, est disposée pour retenir le liquide qui, par la force de l'ébullition, pourrait arriver par le tuyau *b* en même temps que la vapeur.

Une troisième colonne *c* ayant une soupape dans sa partie supérieure, et appartenant à la chaudière B, amène la vapeur du vase D dans le compartiment *c'*, lequel la fournit aux tuyaux de chauffe de ladite chaudière.

La quatrième colonne *d*, disposée de la même manière que les précédentes, appartient à la chaudière B. En avant de celle-ci est un compartiment *d'*, lequel reçoit la vapeur provenant de l'ébullition de ladite chaudière B; cette vapeur s'échappe par la colonne ou tuyau à soupape *d*. Cette dernière colonne communique par le bas avec une capacité ou vase de sûreté E, destiné à retenir le liquide de la chaudière B, qui, par la force de l'ébullition, pourrait arriver, par le tuyau *d*, en même temps que la vapeur.

A la dernière chaudière C appartient une colonne à soupape *e*, semblable à celle *c*, qui n'est visible qu'en partie dans nos figures et qui amène la vapeur du vase D dans le compartiment *e'* (fig. 2), lequel la fournit aux tuyaux de chauffe de ladite chaudière.

Enfin, un dernier tuyau ou colonne à soupape *f* (non visible en entier sur le dessin), semblable à celui *d*, et appartenant à la chaudière C, sert à laisser sortir du compartiment *f'*, en avant de la chaudière C, la vapeur provenant de l'ébullition dans cette dernière.

Un vase de sûreté F est destiné également à retenir le liquide qui pourrait arriver par le tuyau *f* avec la vapeur.

Les vapeurs des vases E et F, venant des chaudières B et C, se rendent par un tuyau *g* dans un condenseur à injection d'eau, destiné à les condenser. Ce condenseur n'est pas figuré au dessin.

On remarque que la machine est munie de plusieurs autres tuyaux; ainsi celui *g'* met en communication les deux colonnes de vapeur *c* et *e*. Celui *i* sert au retour d'eau condensée des tuyaux de chauffage des chaudières B et C. A cet effet, ces chaudières sont munies de robinets ordinaires de retour d'eau, *u u'*, dont l'émission est régularisée par un robinet à soupape u^2. Ce conduit communique en outre avec un tuyau qui réunit le condenseur à sa pompe à air et met par là en communication l'intérieur de la chaudière A avec la pompe à air. Un autre tuyau *j*, muni d'un robinet à soupape *s*, amène au besoin la vapeur directement d'un générateur dans la colonne ou tuyau *a*.

De même le tuyau *k* amène au besoin la vapeur directement du générateur ou des échappements dans les colonnes *b*, *c*, *d*, *e*, *f*, au moyen des soupapes *k'*, k^2, etc.

Un conduit *l*, avec un robinet servant au retour de l'eau condensée des tuyaux de chauffage de la chaudière A, aboutit à une pompe aspirante et foulante qui le vide continuellement et en refoule le contenu dans le générateur.

On charge les liquides à évaporer dans la chaudière A, au moyen d'une pompe alimentaire, par un tuyau *m*. Les capacités des deux chaudières A et B sont mises en communication par le moyen d'un tuyau *n*, avec un robinet de vidange *t*, et un autre tuyau *o*, avec un robinet à soupape *s'*, qui met en communication les capacités des chaudières B et C.

Le contenu de ces deux dernières se vide par un tuyau *p* et des robinets de vidange *t'* et t^2, au moyen d'une pompe. La chaudière C est de plus munie d'un robinet de vidange à l'air libre t^3, et d'un robinet à soupape s^2 servant à son chargement par aspiration.

Un tuyau *q* (fig. 3) prend la vapeur d'ébullition dans le dôme de la chaudière B et la conduit dans le compartiment *d'*. Un semblable tuyau existe dans les chaudières A et C, conduisant les vapeurs dans les compartiments analogues.

La vapeur passe du compartiment *e'* dans un autre C' par une ouverture *x*, pour entrer dans les tuyaux de chauffage de la chaudière B.

Semblable ouverture existe dans les compartiments *a'* et *c'*.

Enfin, les chaudières sont munies de certains appareils accessoires, tels que des robinets à beurre *v*, des lunettes *w*, des robinets-niveaux *y*, des soupapes de rentrée de l'air *z*, des robinets d'évacuation *z'* pour le nettoyage.

La chaudière C a de plus une sonde W pour prendre la preuve.

De même, les vases de sûreté D, E, F sont pourvus de robinets de niveau *y'* et de robinets de vidange z^2.

Fonctionnement de l'appareil horizontal a triple effet. — Supposons, pour la démonstration de la marche de l'appareil, qu'il soit appliqué au travail d'une sucrerie de cannes ou de betteraves; la marche serait la même s'il s'agissait de l'évaporation de tout autre liquide que du jus sucré.

Pour mettre l'appareil en train, il faut commencer par faire le vide dans les chaudières A, B, C; à cet effet, on ouvre les soupapes des colonnes *b*, *d*, *f*, ainsi que les robinets *u*, *u'*, u^2, ce qui met l'intérieur des chaudières en communication avec le condenseur et avec la pompe à air qui l'accompagne.

L'air étant extrait des chaudières, on amène le jus sucré, sortant de la canne ou de la betterave, dans la chaudière A au moyen du tuyau *m* et de la pompe alimentaire qui y est appliquée; puis, en ouvrant les robinets *t* et *s'*, le jus se rend de la première chaudière A, successivement, dans les deux autres B et C, le niveau s'établit ainsi dans les trois chaudières.

Le niveau du liquide s'aperçoit par les appareils *y*; lorsque l'on voit que le jus couvre suffisamment les tuyaux de chauffage, c'est-à-dire qu'il emplit les deux tiers environ des chaudières, on ferme les robinets *t* et *s'*.

Ces chaudières une fois chargées, il faut introduire la vapeur de chauffage ; à cet effet, les vapeurs provenant des échappements de machines, des chaudières à déféquer et autres, après avoir été réunies ou centralisées dans un vase clos d'assez grande dimension installé dans la fabrique, sont amenées par le tuyau *a* dans la colonne à soupape *a'*; cette dernière étant ouverte, la vapeur passe par le compartiment a^2 pour se rendre dans les tuyaux de chauffage de la chaudière et l'ébullition commence sous l'influence du vide qui existe dans cette chaudière.

L'eau condensée dans les tuyaux de chauffage se trouve extraite par le tuyau *l*, conduisant à une pompe alimentaire qui refoule immédiatement cette eau dans le générateur.

La vapeur produite par l'ébullition du jus dans la chaudière A se rend par un tuyau analogue à celui *g* de la chaudière B (fig. 3), dans le compartiment *b'*; de là elle descend par la colonne *b* dans le vase D; de ce vase une partie se rend dans la colonne *c* pour entrer par le compartiment *c'* dans les tuyaux de chauffage de B, et une autre partie se rend, par le tuyau *g'*, dans la colonne ou tuyau *e*, pour de là se rendre dans les tuyaux de chauffage de C.

Les eaux condensées provenant des tuyaux de chauffage de ces chaudières se rendent par les robinets *u*, *u'*, u^2, et par le tuyau *i*, dans un tuyau correspondant à la pompe à air; on voit par là que le vide s'exerce dans les tuyaux de chauffage et que, de là, il se propage nécessairement dans l'intérieur de la chaudière A, qui est en relation avec ces tuyaux; le vide produit dans cette chaudière doit être de 0^m210 à 0^m270.

Les vapeurs provenant des liquides en ébullition dans les deux chaudières B et C se rendent par les tuyaux ou colonnes *d* et *f* dans les vases E et F, et de là par le tuyau *g*, commun à ces deux vases, dans le condenseur à injection G, où les vapeurs sont condensées et prises par la pompe à air.

Le vide est entretenu dans ces chaudières de 0^m600 à 0^m700, et la température d'ébullition s'y entretient par conséquent très-basse.

On voit par la description de cette marche comment se produit l'économie de combustible dans l'emploi de cet appareil, et comment se justifie son titre de *triple effet*. Les vapeurs qui ont, une première fois, été utilisées en donnant la puissance motrice aux machines à vapeur, ou qui s'échappent des retours des chaudières à déféquer ou clarifier, sont amenées, pour produire un *second effet* dans les tuyaux de chauffage de la chaudière A; puis, les vapeurs produites elles-mêmes dans cette chaudière vont opérer une nouvelle évaporation dans les chaudières B et C, ce qui constitue un *troisième effet* de la vapeur originaire.

Cette production successive de vapeur, au moyen d'une seule dépense première, est ce qui procure l'économie de combustible.

On voit que la vapeur produite par la surface de chauffe A, dans laquelle chaudière le vide est à 0^m210 environ, a pour s'étendre une surface de

chauffe double de celle qui l'a générée, puisqu'elle se répand dans les tuyaux de chauffe de *deux chaudières* B et C.

Les trois chaudières A, B, C peuvent fonctionner en opérant des degrés de concentration différant à volonté dans chacune d'elles; il suffit de fermer les robinets *t* et *s'* pour que les contenus de ces trois chaudières soient isolés.

Lorsque les liquides contenus dans les chaudières B, C doivent être extraits, on ouvre les robinets *t'* et t^2, et la pompe qui se trouve à l'extrémité du tuyau *p* aspire ces liquides ; on peut n'aspirer que dans l'une ou dans l'autre chaudière, à volonté.

Quant à la première chaudière A, elle n'a pas de vidange particulière; son contenu, pour être extrait, doit toujours passer par la chaudière B; comme le vide est toujours moindre dans cette chaudière que dans les autres, il suffit d'ouvrir le robinet *t*, et le liquide se transportera immédiatement dans la chaudière B.

Si l'on veut faire passer une partie du contenu de la chaudière B dans la chaudière C, on laisse établir un peu plus de pression dans cette chaudière que dans C, et on ouvre le robinet *s'*; cette pression s'obtient en fermant un peu la soupape du tuyau *d*, alors la vapeur n'ayant plus le même dégagement, la pression de l'intérieur de la chaudière s'élève immédiatement.

Si l'on veut vider directement au dehors le produit concentré dans la dernière chaudière C, on en a la faculté au moyen du robinet t^3, mais alors il faut rompre le vide dans cette chaudière, et cela s'obtient en fermant la soupape du tuyau *f*, qui conduit au condenseur en interdisant l'arrivée de la vapeur de chauffage par la soupape du tuyau *e*, et en laissant rentrer l'air au moyen de la soupape *z*.

Dans la marche ordinaire des sucreries avec cet appareil, on évapore les jus jusqu'à 15° de densité (Beaumé) dans la chaudière A ; de là les jus sont envoyés par le robinet *t* dans la chaudière B, où ils se concentrent jusqu'à 25°; à ce point, ils sont extraits de la chaudière par le robinet *t'* pour être filtrés.

La chaudière C est alors chargée par des jus filtrés à 25° qu'elle aspire d'un réservoir au moyen du robinet s^2. Ces jus sont concentrés de 25° jusqu'au point de cuite et sont envoyés à l'emploi par le robinet t^3.

Pour reconnaître le point de cuite, on fait usage de la sonde W.

On peut voir bouillir le sirop dans les chaudières au moyen des lunettes *w* en fixant une petite lampe à chacune des lunettes opposées.

Lorsque la vapeur des échappements n'est pas suffisante pour le service des chaudières, on peut amener de la vapeur directe des générateurs pour compléter le chauffage au moyen du tuyau *j* et du robinet *s*. Cette vapeur se rend dans la colonne *a*, puis par le tuyau *k*, et les robinets k^2 k^4 dans les colonnes *c* et *e*, où elle se mélange avec la vapeur venant de la chaudière A ; avec cette addition le chauffage est complété au besoin.

Par les mêmes tuyaux *j* et *k*, et au moyen des robinets à soupapes *k'* k^3 k^5,

on peut amener la vapeur des générateurs dans l'*intérieur* des chaudières A, B, C. Cette injection sert au nettoyage de ces chaudières ; les liquides de nettoyage sont extraits par les robinets z'.

Pour appliquer cet appareil aux raffineries de sucre, rien n'est plus facile, les deux premières chaudières A et B concentreront les sirops jusqu'à un degré voisin de la cuite, puis on fera passer les sirops dans la chaudière C par le robinet s', et là, dans un temps très-court, ils arriveront au point de cuite ; la chaudière sera vidée par le robinet t^3, et pendant ce temps la concentration continuera dans A et B, pour être achevée dans la chaudière C aussitôt qu'elle sera devenue libre.

La basse température de chauffe, à laquelle fonctionnent les deux chaudières B et C, est un point très-important en raffinerie pour la qualité des produits.

Appareil a chaudières verticales. — L'appareil à chaudières verticales est précisément celui qui figure à l'Exposition ; il présente cet avantage sur le précédent que le nettoyage des tubes de chauffe est plus facile que celui des tubes de chaudières horizontales ; dans ces dernières les tubes se trouvant les uns au-dessus des autres, il peut être difficile d'atteindre les dépôts qui ont lieu sur les tubes inférieurs par suite de l'évaporation des liquides, tandis qu'avec le système des tubes verticaux chaque tube peut être atteint séparément pour le nettoyage.

L'appareil à chaudières verticales représenté (fig. 4) est aussi à triple effet et disposé d'une manière tout à fait analogue au précédent, il emploie un peu moins de place en surface et peut être préféré dans certaines localités pour cette cause également.

La description donnée pour le précédent appareil s'applique entièrement à celui-ci, les détails analogues sont notés des mêmes lettres, de sorte qu'il devient inutile de recommencer cette nomenclature.

Nous observerons toutefois que, par suite du manque de place, nous n'avons dans le dessin figuré que deux des trois chaudières dont se compose l'appareil.



EXPOSITION UNIVERSELLE DE 1855.

En terminant ce IXe volume, au moment où l'on voit réunis à Paris, dans le Palais de l'Industrie et dans ses annexes, les produits de presque toutes les nations civilisées, il nous paraît utile d'en dire au moins quelques mots, en attendant que nous donnions les dessins et les descriptions des appareils, des machines, des outils qui présentent le plus d'intérêt, et sont susceptibles de rendre le plus de services.

Nous ne parlerons évidemment pas de tous ceux que nous avons déjà publiés, et que chacun de nos honorables souscripteurs ont aisément retrouvés dans les différents volumes qui précèdent, en constatant que le

nombre en est fort considérable, soit en moteurs hydrauliques et à vapeur, soit en moulins, en batteurs, en nettoyages à blé, soit en métiers de filature, en cardes, en peigneuses, en machines de préparation, soit encore en instruments, en outils de toute espèce pour travailler le bois et les métaux. Celui de nos lecteurs qui voudrait bien, en effet, se transporter seulement dans la grande galerie des machines, et dans celle de l'agriculture, avec les atlas de notre Recueil, n'aurait qu'à le feuilleter pour reconnaître à chaque planche des objets exposés.

La mécanique et la chimie font tellement de progrès chaque jour, que les matériaux sont inépuisables, et que nous pouvons toujours, par cela même, faire voir des choses nouvelles. Déjà, du reste, aux expositions antérieures, on a constaté, avec une grande satisfaction, que la France avait marché très-rapidement ; nous sommes convaincu que, cette année encore, elle sera bien appréciée, et que, pour la plus grande partie de ses produits, elle se trouvera au premier rang.

Que peut-elle envier aujourd'hui aux autres nations, soit dans les grandes constructions, soit dans les fabrications les plus modestes ?

Est-ce l'exécution des machines-locomotives qui, dans les premiers temps, ont été regardées comme très-difficiles, et ne pouvant être construites qu'en Angleterre ? Mais il suffit de voir celles qui sont exposées par MM. Cail et Ce, E. Gouin, André Kœchlin, Polonceau, Schneider, etc. Il suffit d'examiner le tableau des parcours de la *Crampton* que nous avons publiée en 1849, et que la compagnie du Nord vient également d'exposer.

Est-ce la construction des grands appareils de navigation ? Mais si l'exposition ne montre que quelques modèles, d'ailleurs parfaitement exécutés (1), on n'aurait qu'à visiter les ateliers du Creuzot, du Havre, de Paris, de la Ciotat, de Nantes et d'Indret, pour reconnaître que dans chacun de ces établissements, on construit les machines les plus importantes de 150, 200, 500 et jusqu'à 1,000 chevaux de force.

Si, d'un côté, l'étranger a exposé de belles pièces de forge, comme, par exemple l'Angleterre, une énorme manivelle en fer, de plus de deux mètres de rayon, et la Belgique un étambot et gouvernail également en fer forgé du poids de 9613 kilogr., sans l'arbre droit qui pèse 6129 kil., de notre côté les produits sont comparativement tout aussi remarquables. Ainsi la maison Jackson, Petin et Gaudet a envoyé, avec une belle collection de pièces de fer et d'acier, le modèle d'un arbre coudé en fer, dont le poids dépasse 23000 kilogr., des bandages de roues sans soudure, dont l'une a 4 mètres de diamètre ; le Creusot a exposé, avec une foule d'échantillons de fer de toute espèce, des plaques courbes pour batteries

(1) Le Creuzot a exposé un système de machines horizontales pour la navigation fluviale, qui est remarquable par sa légèreté, presque le tout est en fer et en tôle, à l'exception des cylindres et de quelques parties. M. Gache aîné, de Nantes, a, de son côté, exposé deux fort jolis appareils à cylindres inclinés, de 20 et de 60 chevaux, qui se distinguent par leur simplicité et par l'heureuse combinaison de leur mécanisme. Nous ne manquerons pas de les publier dans le xe volume.

flottantes de 2000 à 3000 kilogr.; Montataire et d'autres usines ont exposé des barres, des rails, des poutrelles de 15 et 20 mètres de longueur, des tôles fortes de 6 à 8 mètres; Decazeville a, parmi ses nombreux échantillons, des rails-Barlow pour la fabrication desquels M. De Cabrol a monté des laminoirs spéciaux d'une disposition très-heureuse et très-économique que nous avons l'autorisation de publier.

Pour les machines-outils, dont nous avons toujours été, depuis 1840, l'un des plus ardents promoteurs, si pendant quelques années on nous a opposé M. Whitworth, qui est, sans contredit, le premier constructeur en ce genre de toute la Grande-Bretagne, les industriels impartiaux, qui visitent l'exposition actuelle, peuvent constater que nous avons MM. Calla, Ducommun et Dubied, Mesmer, Cail, Polonceau, etc., qui ne le cèdent en rien, par la bonne exécution et par la combinaison du mécanisme, comme pour les grandes proportions des organes principaux (1).

Quand, parmi la grande quantité de moteurs à vapeur de toutes formes, de toutes dimensions, on voit fonctionner, dans l'annexe, sans bruit, sans la moindre vibration, les machines de M. Farcot, de M. E. Bourdon, de M. Révollier, etc. (2), on se dit que nous n'avons pas besoin d'aller ailleurs, comme on l'a fait trop souvent, pour commander de tels appareils. On trouve aujourd'hui à Paris, à Rouen, à Lille, à Nantes, à Bordeaux, des constructeurs qui non-seulement exécutent avec une grande précision, mais encore qui réalisent une grande économie de combustible.

Ce n'est que dans la partie française que l'on remarque réellement une nombreuse collection de moteurs hydrauliques, et surtout des turbines, des moulins, des régulateurs, etc. C'est en effet, en France que l'on a fait le plus de progrès dans ce genre d'industrie. Nous avons fait connaître successivement la plupart de ces appareils, tels que ceux de M. Darblay, de M. Cartier, de M. Fontaine, de M. Baron, de M. Krafft, de M. Callon, etc. Il nous restera peu de chose à dire sur ce sujet, si ce n'est pourtant sur les modérateurs de M. Branche, de M. Moizon, sur le nouveau mode de vannage de MM. Fromont, Fontaine et Brault, sur les turbines de MM. de Canson et Dyckhoff, la pompe centrifuge de M. Girard, les hélices de M. Holm, etc.

Depuis que nous avons publié les machines soufflantes horizontales de M. Cadiat et de MM. Thomas et Laurens, ces derniers ingénieurs, à qui l'on doit d'importantes innovations dans plusieurs industries, ont apporté

(1) Nous regrettons beaucoup que MM. Mazeline n'aient pu envoyer à l'exposition une grande et belle machine à raboter verticale, qui fonctionne directement par la vapeur, et qui est d'une disposition très-avantageuse pour le service et pour le travail de certaines pièces. Nous nous proposons de la décrire prochainement.

(2) Malgré le grand nombre de machines à vapeur que nous avons publiées de MM. Farcot, Bourdon, Legavrian, Nillus, Mazeline, Thomas et Laurens, Trésel, etc., nous croyons devoir encore fait connaître celles de M. Maldant, de Bordeaux, de M. Révollier, de Rive-de-Gier, de M. Duvoir, de Liancourt, et de quelques autres, à cause des particularités vraiment intéressantes qu'elles renferment.

de nouveaux perfectionnements à ces appareils, en les disposant pour marcher à des vitesses plus ou moins accélérées et avec des tiroirs extérieurs, au lieu de soupapes ou clapets intérieurs, disposition très-ingénieuse, qui a été adoptée par la maison Cail, et qui, nous en sommes certain, le sera aussi par les usines étrangères, à cause des avantages qu'elle présente et de l'économie qu'elle réalise.

Nous avons gravé et décrit dans nos divers volumes plusieurs machines à peigner le lin, le chanvre et la laine; quelques-unes d'entre elles se retrouvent à l'exposition, avec quelques modifications, comme aussi des cardes, des bobinoirs et autres appareils de préparation, des bancs à broches et à tubes, des métiers mull-jenny et continus, des fouleuses et tondeuses mécaniques; les métiers à tricot circulaires qui sont devenus d'un emploi si général; les métiers si compliqués pour la fabrication du tulle, etc.; mais il y a, parmi les machines, qui présentent des nouveautés, des perfectionnements essentiels que nous tenons à faire connaître; telles sont : les peigneuses Schlumberger, celles de M. Collette, de M. Pierrard, etc., que l'on voit fonctionner avec tant d'intérêt; l'épurateur de M. Risler, qui est appliqué maintenant dans un grand nombre de filatures; les nouvelles machines à faire les rubans et plaques de cardes, qui travaillent avec tant de régularité et de promptitude; le métier mécanique à plusieurs navettes de M. Bornèque fils, métier qui se distingue de tous ceux que l'on a proposés jusqu'ici par la grande simplicité de son mécanisme et par la facilité d'application aux métiers existants; l'ingénieux métier électrique de M. Bonelli, dont le nom est aujourd'hui répandu dans tout l'univers, par les heureuses applications que cet habile ingénieur a su faire de l'électricité. Nous donnerons aussi les nouvelles machines à lainer les draps, avec l'application des chardons métalliques, les machines à imprimer à plusieurs couleurs, etc.

Enfin, à nos collections de dessins de grues, de ponts, de marteaux-pilons, de squeezers, de presses, de scieries, de découpoirs, de fours et fourneaux, et d'un grand nombre d'autres appareils que l'on trouve aussi, pour la plupart, dans les galeries de l'exposition, nous ajouterons ceux qui se distinguent par des dispositions nouvelles, des particularités essentielles, comme les marteaux hydrauliques, les ponts en fer et en tôle, les grues atmosphériques, les outils à travailler le bois, à faire les tenons et mortaises, la plate-forme de M. Deshayes pour tailler les roues à dents héliçoïdes, la presse hydraulique à satiner de M. Jouffray, les laveurs, laminoirs, chaudières, etc., propres à la fabrication du caoutchouc vulcanisé, dont les applications se multiplient chaque jour de plus en plus, et bien d'autres machines dont l'énumération serait trop longue.

FIN DU TOME NEUVIÈME.

TABLE RAISONNÉE

DES

MATIÈRES CONTENUES DANS LE TOME NEUVIÈME

DE LA PUBLICATION INDUSTRIELLE.

I.

II.

III.

IV.

V.

VI.

VII.

VIII.

IX.

X.

FIN DE LA TABLE DES MATIÈRES.

TABLE ALPHABÉTIQUE

DES

AUTEURS, MÉCANICIENS, INGÉNIEURS ET MANUFACTURIERS,

QUI ONT ÉTÉ CITÉS DANS CE VOLUME

Pour leurs Ouvrages, pour leurs Inventions, ou pour leurs Travaux.

FIN DE LA TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS.

IMPRIMERIE DE J. CLAYE, RUE SAINT-BENOÎT, 7.

